



ระบบสุขภัณฑ์อัตโนมัติ

TOILET AUTOMATION SYSTEM

โดย

นาย จรุวัตร ทองสัน

นาย นเรศ กลิ่นเพชร

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ไพศาล สติธิโยภาสกุล

วัน เดือน ปี..... 11. 11. 2541  
เลขทะเบียน..... 038909  
เลขเรียกหนังสือ..... T 401A9 จ 111 7

ปริญญาานิพนธ์สำหรับปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ 038909

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปฏิญญานิพนธ์ ระบบสุขภัณฑ์อัตโนมัติ ( TOILET AUTOMATION SYSTEM )

ชื่อนักศึกษา นาย จรุวัตร์ ทองสัน 39012003

นาย นเรศ กลิ่นเพชร 39012014

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ไพศาล สิทธิโยภาสกุล

ภาควิชา เทคนิคอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2540

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร  
ลาดกระบังอนุมัติให้ปฏิญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรีตามหลัก  
สูตรอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

คณะกรรมการการสอบปฏิญญานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ  
( )

.....กรรมการ  
( )

.....กรรมการ  
( )

.....กรรมการ  
( )

.....กรรมการ  
( )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบสุขภัณฑ์อัตโนมัติ  
( TOILET AUTOMATION SYSTEM )

นาย จรุวัตร์ ทองสัน

นาย นเรศ กลิ่นเพชร

อ. ไพศาล สิทธิโยภาสกุล อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2540

บทคัดย่อ

ในโลกปัจจุบันระบบสุขภัณฑ์อัตโนมัติได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้นดังเห็นได้จากที่ระบบสุขภัณฑ์อัตโนมัติที่มีใช้ในโรงแรมที่มีชื่อหรือสถานบันเทิงต่างๆ เป็นต้น ดังนั้นระบบสุขภัณฑ์อัตโนมัติจึงเป็นระบบที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อที่จะใช้ในการจะใช้อำนวยความสะดวก , ใช้งานด้วยความปลอดภัย , ประหยัดน้ำและค่าใช้จ่ายเงินค่าน้ำ , และเพื่อสิ่งแวดล้อมที่ดีในที่นั้นๆ ด้วย

โครงการชิ้นนี้เป็นจะการออกแบบและพัฒนาให้สามารถที่จะใช้งานในพื้นที่ทุกๆ รูปแบบ โดยที่จะมีการแบ่งออกเป็นส่วนๆ อันเป็นการทำงานร่วมกันของไมโครคอนโทรลเลอร์กับตัววงจรธรรมดาต่างๆไป โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานทั้งหมดและการทำงานของระบบแบ่งออกเป็นส่วนสำคัญคือส่วนควบคุมส่วนกลาง, ส่วนควบคุมการจ่ายน้ำและน้ำหอม, ส่วนภาครับและส่งอินฟาเรด , ภาควัดจ่ายไฟ การพัฒนายังมีการพัฒนาตัวโปรแกรมในระบบนี้ทำให้มีความสามารถสูงมีความยืดหยุ่นได้มาก โดยสามารถที่จะตั้งค่าต่างๆให้เหมาะสมและสอดคล้องกับการนำไปใช้งาน

## TOILET AUTOMATION SYSTEM

CHARUWAT TRONGSON

NARATE KRINGPET

PAISAN SITIYOPASAKRUN ADVISER

1997

### ABSTRACT

In recent year , Toilet Automation System is going to be the importan in our day life such as the toilet automation system which is used in famous hotels or many entertainment place etc.Toilet Automation System is developed for facility security, and saving the water budget and it is can make good environment to that place .

These project is the designing and development from old system to be used with many area .The new system is circuit which is a co-operation between Micro-controller and general hardwares . And the center of this co-operation is controlled by Micro-controller MCS-51 in 2 duty :control supplying water and perform . The system is divided into important main parts : central control , water and perform solenoid driver,transmitter and receiver infrared , supply. the development of software made this system being high performance and applied easily to used with many performance by setting the appropriate parameter.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สามารถที่จะสำเร็จขึ้นมาได้เนื่องจากการได้รับการสนับสนุนด้านการเงินจากบิดามารดาและได้รับการอนุเคราะห์จากคณาจารย์และเพื่อนนักศึกษาทุกท่าน โดยมีอาจารย์ ไพศาล สิริธิโยภาสกุล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาให้ข้อมูลและช่วยเหลือแนะนำแก้ไขในปัญหาที่เกิดขึ้นตลอดมาโดยตลอด คณะผู้จัดทำใคร่ขอขอบคุณมา ณ. ที่นี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและโครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์ชิพเดี่ยวตระกูล MCS - 51	3
2.1 โครงสร้างภายในของ 8051	3
2.2 พอร์ทของ 8051	6
2.3 วงจรคล็อกของ 8051	10
2.4 การแบ่งประเภทหน่วยความจำ	11
2.5 ชุดคำสั่งของ 8051	15
2.6 Address Modes	17
2.7 กลุ่มคำสั่งทางตรรกศาสตร์	19
2.8 กลุ่มคำสั่งทางคณิตศาสตร์	20
2.9 Jump and Call Opcodes	22
2.10 Interrupt and Return	23
2.11 รีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ	23
2.12 Timer / Counter	27
2.13 การใช้งานพอร์ทอนุกรม	33
2.14 การอินเทอร์รัพ	35
2.15 การเขียนโปรแกรมการหน่วงเวลา	38
2.16 ทฤษฎีและการทำงานของไอซี 555	41
2.17 ลักษณะภายในของไอซี 555	42
2.18 วงจรอะอสเตมัลติไวเบเตอร์	42
2.19 ทฤษฎีและการทำงานของอินฟาเรด LED	46
2.20 LED ย่านอินฟาเรด	46
2.21 การลดความไม่สมดุลของดัชนีการหักเหของแสง	47
2.22 เทคโนโลยีเซตเทอโรจังก์ชัน	47

2.23 คุณสมบัติของ LED อินฟราเรด	48
2.24 LEDอินฟราเรด กำลังงานสูง	49
2.25 การแผ่รังสีจาก LED อินฟราเรด	50
บทที่ 3 การออกแบบและการทำงานของระบบสุญญากาศอัตโนมัติ	53
3.1 ส่วนของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51	53
3.2 ส่วนของวงจรภาคส่งอินฟราเรด	55
3.3 ส่วนของวงจรภาครับอินฟราเรด	57
3.4 ส่วนของวงจรขับโซลินอยด์	60
3.5 ส่วนของวงจรจ่ายไฟเลี้ยง	60
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	62
4.1 การทดลองส่วนวงจร MCS - 51	62
4.2 การทดลองส่วนวงจรภาคส่งอินฟราเรด	62
4.3 การทดลองส่วนวงจรภาครับ	63
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	64
5.1 บทสรุป	64
5.2 บทวิจารณ์	65
หนังสืออ้างอิง	66
ภาคผนวก ก	
ภาคผนวก ข	
ภาคผนวก ค	

\*\*\*\*\*

## สารบัญรูปและตาราง

	หน้า
รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบสุญญากาศอัตโนมัติ	2
รูปที่ 2.1 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51	3
รูปที่ 2.2 บล็อกไดอะแกรมโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51	4
รูปที่ 2.3 ตำแหน่งของรีจิสเตอร์และหน่วยความจำที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม	5
รูปที่ 2.4 โครงสร้างพอร์ท 0	6
รูปที่ 2.5 โครงสร้างพอร์ท 1	7
รูปที่ 2.6 โครงสร้างพอร์ท 2	8
รูปที่ 2.7 โครงสร้างพอร์ท 3	9
รูปที่ 2.8 วงจรสร้างคล็อกของ 8051	10
รูปที่ 2.9 แสดงเวลาการทำงานของคำสั่งแต่ละคำสั่ง	12
รูปที่ 2.10 ผังแสดงการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก	13
รูปที่ 2.11 ผังแสดงหน่วยความจำข้อมูล	14
รูปที่ 2.12 ผังแสดงหน่วยความจำโปรแกรม	15
รูปที่ 2.13 แสดงรีจิสเตอร์ PSW ของ MCS - 51	24
รูปที่ 2.14 แสดงรีจิสเตอร์ IP ของ MCS - 51	25
รูปที่ 2.15 แสดงรีจิสเตอร์ IE ของ MCS - 51	25
รูปที่ 2.16 แสดงรีจิสเตอร์ TCON ของ MCS - 51	26
รูปที่ 2.17 แสดงรีจิสเตอร์ TMOD ของ MCS - 51	27
รูปที่ 2.18 แสดงการกำหนดค่าของ TMOD ของ MCS - 51	28
รูปที่ 2.19 การโปรแกรมการทำงานในโหมด TIMER	28
รูปที่ 2.20 TIMER โหมด 0	29
รูปที่ 2.21 TIMER โหมด 1	29
รูปที่ 2.22 TIMER โหมด 2	30
รูปที่ 2.23 TIMER โหมด 3	30
รูปที่ 2.24 การโปรแกรมการทำงานในโหมด COUNTER	31
รูปที่ 2.25 COUNTER โหมด 0 , 1	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.26 COUNTER ใหม่ด 2	32
รูปที่ 2.27 COUNTER ใหม่ด 3	32
รูปที่ 2.28 ระบบการชดจ้งหระของ MCS - 5	38
รูปที่ 2.29 แสดงขาต่างๆ ของไอซี 555	43
รูปที่ 2.30 แสดงบล็อกไดอะแกรมของไอซี 555	44
รูปที่ 2.31 แสดงวงจรเสมือนของไอซี 555	44
รูปที่ 2.32 แสดงวงจรอะสเทเบิลมัลติไวเบเตอร์	44
รูปที่ 2.33 แสดงลักษณะการวางชิ้นส่วนในการสร้าง LED อินฟราเรด	46
รูปที่ 2.34 แสดงการเปล่งแสงของ LED แบบ GaAs และ AlGaAs	49
รูปที่ 2.35 แสดงอินฟราเรด LED ในตัวถังแบบต่างๆ	50
รูปที่ 2.36 การจำกัดกระแสของ LED เบื้องต้น	51
รูปที่ 2.37 แสดงภาพขยายของ OD-663 LED	51
รูปที่ 2.37 ภาพจากการแปลงอินฟราเรดของ OD-663 LED	52
รูปที่ 3.1 วงจรการทำงานของส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51	54
รูปที่ 3.2 วงจรการทำงานของส่วนวงจรภาคส่งอินฟราเรด ที่ใช้ตัวทรานซิสเตอร์	57
รูปที่ 3.3 วงจรการทำงานของส่วนวงจรภาคส่งอินฟราเรด ที่ใช้ตัวไอซี 555	57
รูปที่ 3.4 วงจรการทำงานของส่วนวงจรภาครับ	58
รูปที่ 3.5 บล็อกการทำงานของวงจร PLL	59
รูปที่ 3.6 แสดงคุณลักษณะระหว่างความถี่กับ Error Voltage ของวงจร PLL	60
ตารางที่ 2.1 แสดงสัญลักษณ์ชื่อและตำแหน่งรีจิสเตอร์ที่มีอยู่ใน SFR	16
ตารางที่ 2.2 แสดงตำแหน่งการอินเตอร์รัพ	35
ตารางที่ 2.3 แสดงไอซี 555 ที่ผลิตจากบริษัทต่างๆ	42

\*\*\*\*\*

## บทที่ 1

### บทนำ

ในปัจจุบันผู้คนที่ต้องการความสะดวกในหลายๆด้านสำหรับในการใช้ชีวิตอยู่ในสังคมปัจจุบันอุปกรณ์ข้าวของเครื่องใช้ต่างๆได้มีการนำเอาระบบทางอิเล็กทรอนิกส์และการทำงานของระบบทางคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้งานร่วมกันทำให้การทำงานมีความแม่นยำแน่นอน ระบบสุขภัณฑ์อัตโนมัติ ( TOILET AUTOMATION SYSTEM ) ก็เป็นอีกตัวอย่างหนึ่งที่เราจำเป็นต้องจะต้องเกี่ยวข้อง โดยในปฏิญญาพันธบัตรของหัวข้อระบบสุขภัณฑ์อัตโนมัติฉบับนี้มีจุดประสงค์คือ

1. เพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้แก่ผู้ใช้
2. เพื่อลดการสิ้นเปลืองด้านค่าใช้จ่ายของการใช้น้ำ
3. เพื่อลดการเสียเวลาในการบำรุงรักษา
4. เพื่อลดการนำเข้าจากต่างประเทศ
5. เพื่อแสดงให้เห็นว่าระบบนี้จะมีความยืดหยุ่นต่อการใช้งานที่จะดีกว่า ระบบ

การทำงานเดิมๆ

ระบบสุขภัณฑ์อัตโนมัติในปฏิญญาพันธบัตรฉบับนี้ได้มีการประยุกต์เอาไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มาใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบต่างๆซึ่งพอที่จะแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆได้คือ

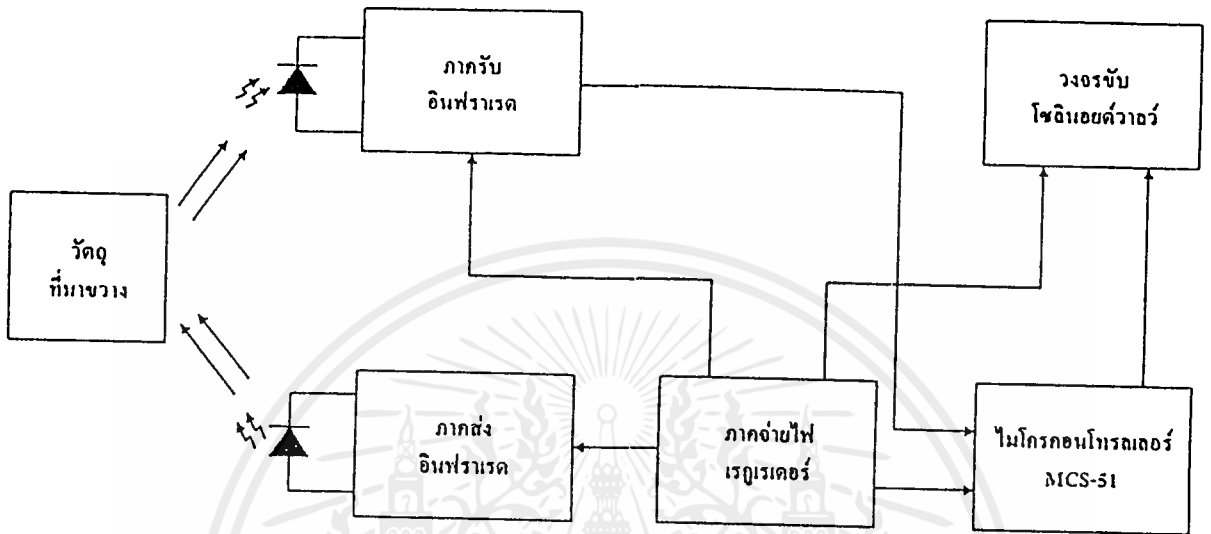
1. ส่วนการควบคุมส่วนกลาง ( CENTRAL CONTROL UNIT ) เป็นส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS -51 ที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดของระบบ
2. ส่วนของวงจรภาคส่งและรับอินฟาเรด ( TRANSMITTER AND RECIVER UNIT ) ทำหน้าที่ในการส่งและรับอินฟาเรดที่ใช้ในการตรวจเช็ควัตถุ
3. ส่วนของภาคขับโซลินอยด์ ( SOLINILD DRIVER UNIT ) ทำหน้าที่ในการรับสัญญาณที่ส่งมาจาก MCS -51 มาใช้ในการควบคุมการปล่อยน้ำและน้ำหอม
4. ส่วนของภาคจ่ายไฟ ( SUPPLIER UNIT ) เป็นส่วนที่จะทำหน้าที่จ่ายไฟไปเลี้ยงแก่วงจร

ส่วนของวงจรที่ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนแสงให้มาเป็นสัญญาณไฟฟ้านั้นจะเป็นหน้าที่ของตัว LED อินฟาเรดเอง ลักษณะโครงสร้างการทำงานทั้งหมดสามารถที่จะเขียนเป็นโครงสร้างของบล็อกไดอะแกรม ( BLOCK DIAGRAM ) ได้ดังแสดงในรูปที่ 1.1 โดยการทำงานทั้งหมดจะถูกควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51 โดยที่จะมีการตรวจเช็คการใช้ตลอดเวลาที่ในแต่ละตัวพอร์ตที่มีของ MCS -51 ที่ต่ออยู่กับชุดรับอินฟาเรดแต่ละตัวและหากว่ามีการใช้ก็จะมีสัญญาณไปที่พอร์ตของตัว MCS -51 ตัวมันก็จะทำการส่งสัญญาณไปยังภาคขับโซลินอยด์เพื่อให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปทำซ้ำหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการปล่อยน้ำในช่วงเวลาหนึ่งก่อนที่ตัวที่ถูกใช้และพร้อมกันนั้นก็จะทำการตรวจสอบเวลาในการที่จะเริ่มการปล่อยน้ำหอมตามเวลาที่เรที่ตั้งค่าไว้



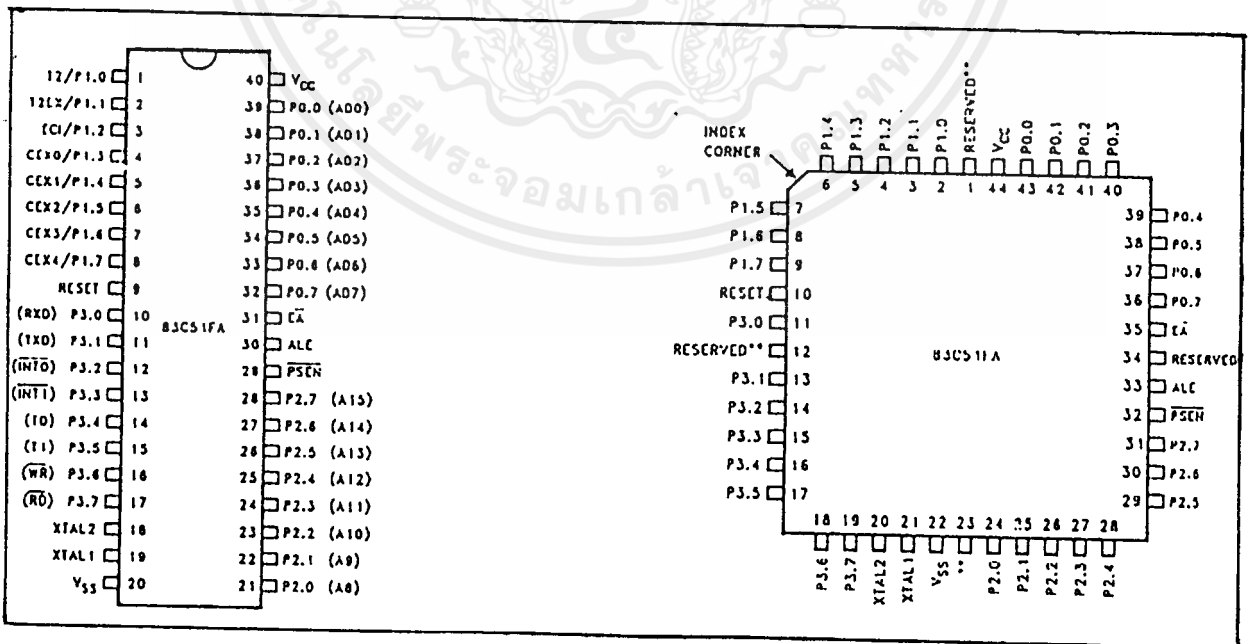
รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบสุขภัณฑ์อัตโนมัติ

**บทที่ 2**  
**ทฤษฎีและโครงสร้างไมโครคอนโทรลเลอร์**  
**ชิพเดี่ยวตระกูล MCS - 51**

**2.1 โครงสร้างภายในของ 8051**

ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวตระกูล MCS-51 ที่ผลิตโดยบริษัทอินเทลนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายเบอร์แต่ละเบอร์มีคุณสมบัติที่พอสรุปได้คือ

- หน่วยความจำโปรแกรม ( Program Memory ) ขนาด 4 กิโลไบต์ แต่สำหรับในเบอร์ 8051 และ 8031, 8032 ไม่มีหน่วยความจำชุดนี้ ส่วน 8052 มี หน่วยความจำถึง 8 กิโลไบต์
- มีหน่วยความจำสำหรับใช้เก็บข้อมูล ( Data Memory ) ขนาด 128 ไบต์ แต่ในเบอร์อื่นเช่นเบอร์ 8052 มีถึง 256 ไบต์
- หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและเก็บตาต้า ( Program Memory และ Data Memory ) แยกจากกันอย่างละ 64 กิโลไบต์
- คำสั่งที่ใช้เวลาน้อยที่สุดประมาณ 1 us.
- รับอินเตอรัพท์ได้ 6 แหล่ง 5 เวคเตอร์
- มีพอร์ตรับส่งข้อมูลอนุกรม ( UART ) 2 พอร์ตทั้งรับและส่งในเวลาเดียวกันได้ ( Full Duplex ) เลือกรูปแบบการส่งข้อมูลได้ 4 โหมด

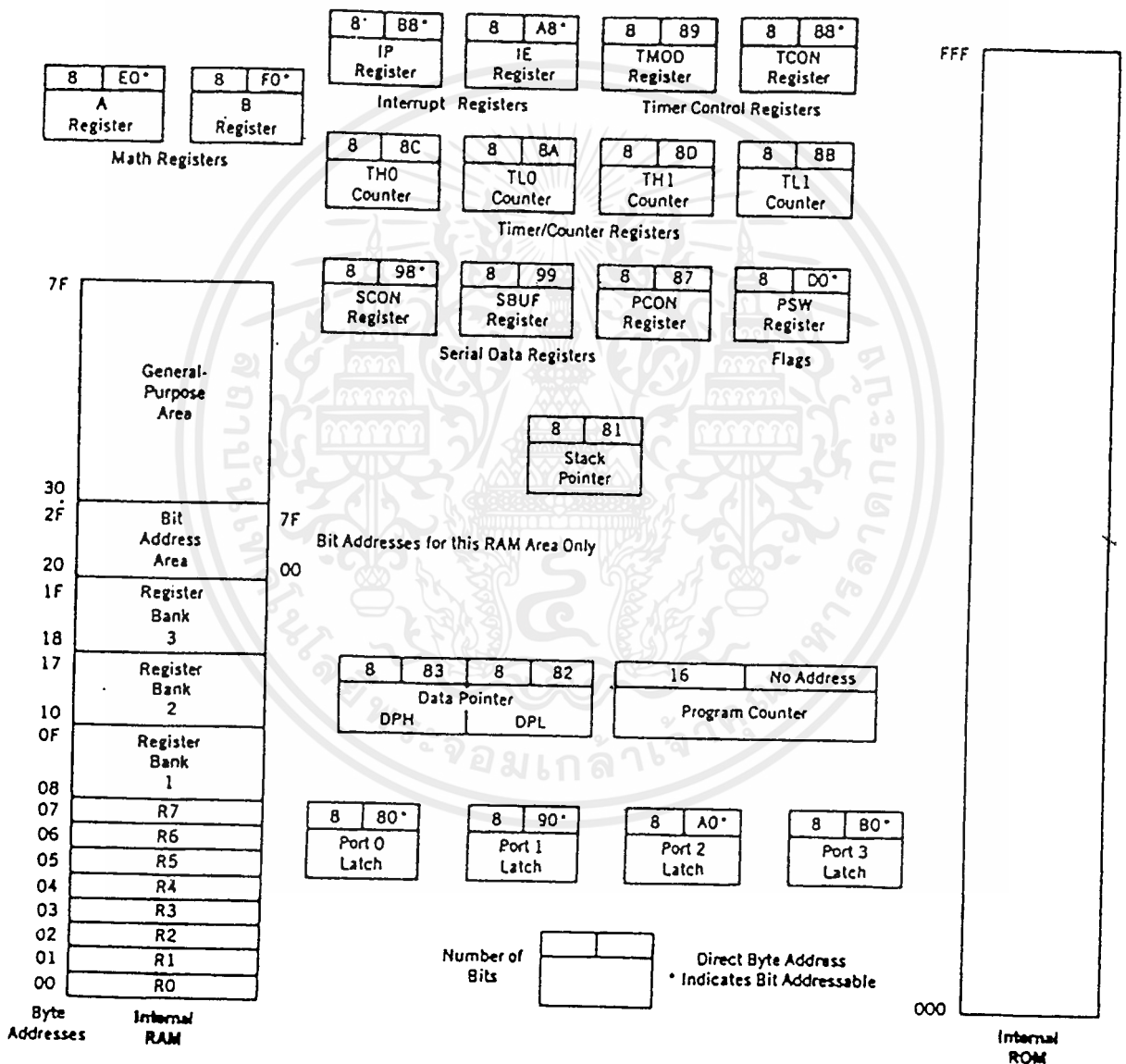


**รูปที่ 2.1 การจัดขาของ MCS -51**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จากรูปแสดงรีจิสเตอร์ที่มีอยู่ใน MCS - 51 ที่ได้แสดง Match Registers ที่ใช้ในการคำนวณ Timer / Counter Registers ที่ใช้ในการตั้งและนับเวลา , Serial Data Register ที่เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตใช้งานทั่วไป , Stack Pointer , DPTH , DPL , Program Counter , Port 0 ไปจนถึง Port 3 , Internal RAM ที่อยู่ภายในใช้บรรจุโปรแกรม , Internal ROM , Data Pointer , TCON และ TMOD , Program Counter ( PC )



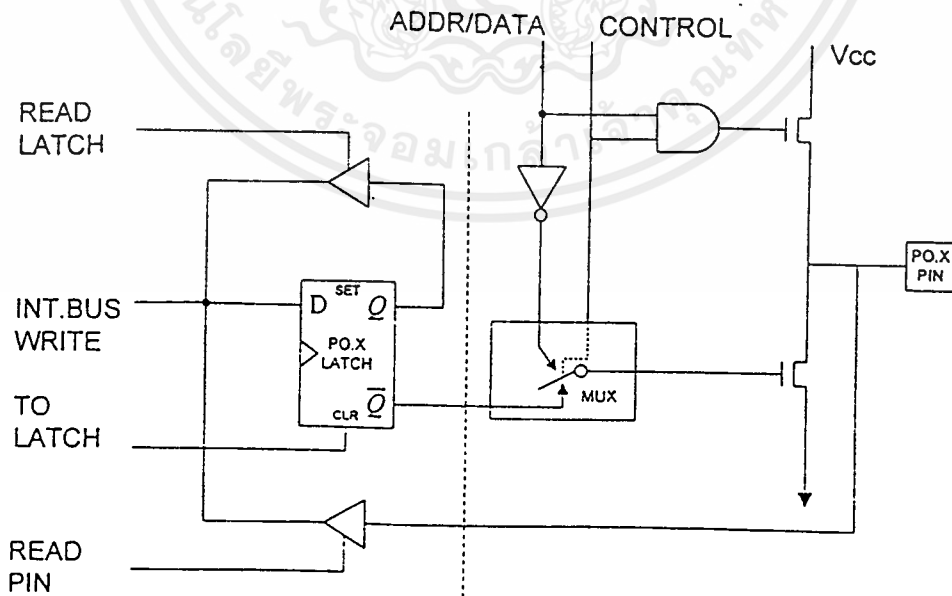
รูปที่ 2.3 ตำแหน่งต่างๆของรีจิสเตอร์ต่างๆและหน่วยความจำเพื่อใช้ประกอบในการเขียนโปรแกรม

## 2.2 พอร์ตของ 8051

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051 มักเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 40 ขาซึ่งมีขาต่างๆ ดังนี้

- Vcc ( ขา 40 ) ต่อกับ + 5V
- Vss ( ขา 20 ) เป็นขา GND
- พอร์ต 0 ( ขา 32-39 ) จะมีทั้งหมด 8 บิตคือพอร์ท P0.0 - P0.0 จะมีตัวโครงสร้างที่เป็นแบบ Open Drain Directional ดังที่แสดงในรูป 2.3 ( a ) และที่พอร์ท 0 สามารถใช้งานได้ใน 2 หน้าที่คือส่งค่าแอดเดรสและดาต้าออกไปให้หน่วยความจำภายนอก ในกรณีเมื่อจะทำการเขียนข้อมูลเข้าลงไปในหน่วยความจำภายนอก โดยควบคุมการทำงานด้วยขา Control และอีกหน้าที่หนึ่งก็คือเป็น พอร์ท I/O ถ้าหากว่าต้องการให้ทำงานเป็นอินพุทพอร์ทจะต้องส่งลอจิก " 1 " ไปยังพอร์ทนี้จะมีผลให้สถานะของ D -FF เป็น " 0 " ทำให้ FET ตัวล่างมีสถานะ OFF ตัวสัญญาณที่จะใช้ในการอ่านที่อินพุทพอร์ทจะใช้สัญญาณ READ LATCHมากระตุ้นที่ตัวTri-State Bufferตัวบนและในตัวดีฟลิปฟลอป ( D Flip Flop ) ก็จะมีขาที่จะนำมาใช้ในการ Latch ตัวดีฟลิปฟลอปเองโดยที่ทางอินพุทของดีฟลิปฟลอปจะมีขาสำหรับ Read และ Write มาทำงานเป็นตัวที่จะอีนเบิ้ลตัว Gate ที่ทางอินพุทของตัว D Flip FLOP แล้วได้เอาต์พุตผ่านออกทางเอาต์พุตออกไปสู่ตัว Switch ที่จะใช้ตัดต่อการทำงานที่ขา Gate

สร้างที่เป็นแบบ Open Drain Directional ดังที่แสดงในรูป 2.3 ( a ) และที่พอร์ท 0 สามารถใช้งานได้ใน 2 หน้าที่คือส่งค่าแอดเดรสและดาต้าออกไปให้หน่วยความจำภายนอก ในกรณีเมื่อจะทำการเขียนข้อมูลเข้าลงไปในหน่วยความจำภายนอก โดยควบคุมการทำงานด้วยขา Control และอีกหน้าที่หนึ่งก็คือเป็น พอร์ท I/O ถ้าหากว่าต้องการให้ทำงานเป็นอินพุทพอร์ทจะต้องส่งลอจิก " 1 " ไปยังพอร์ทนี้จะมีผลให้สถานะของ D -FF เป็น " 0 " ทำให้ FET ตัวล่างมีสถานะ OFF ตัวสัญญาณที่จะใช้ในการอ่านที่อินพุทพอร์ทจะใช้สัญญาณ READ LATCHมากระตุ้นที่ตัวTri-State Bufferตัวบนและในตัวดีฟลิปฟลอป ( D Flip Flop ) ก็จะมีขาที่จะนำมาใช้ในการ Latch ตัวดีฟลิปฟลอปเองโดยที่ทางอินพุทของดีฟลิปฟลอปจะมีขาสำหรับ Read และ Write มาทำงานเป็นตัวที่จะอีนเบิ้ลตัว Gate ที่ทางอินพุทของตัว D Flip FLOP แล้วได้เอาต์พุตผ่านออกทางเอาต์พุตออกไปสู่ตัว Switch ที่จะใช้ตัดต่อการทำงานที่ขา Gate



รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างพอร์ท 0

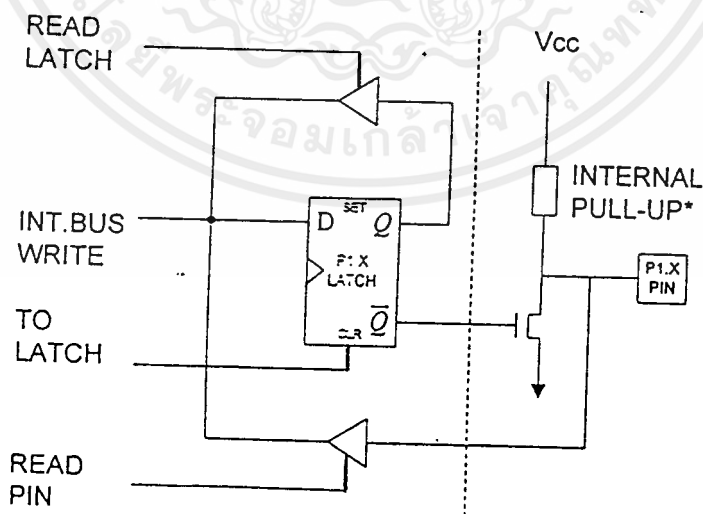
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พอร์ต 1 ( ขา 1-8 ) จะมีทั้งหมด 8 บิตคือ ( P1.0-P1.7 ) โดยจะมีตัวโครงสร้างคล้ายการทำงานของพอร์ต 0 โดยการใช้ตัวต้านทานที่มีภายในพูลอัพแทน ( Internal Pull Up Register ) มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.5

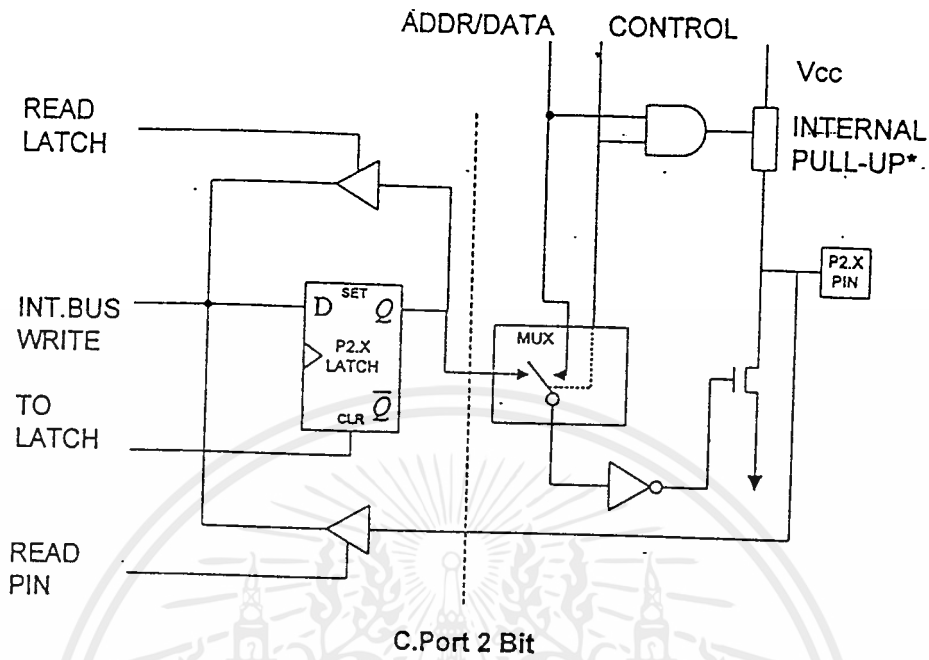
- พอร์ต 2 ( ขา 21-28 ) มีทั้งหมด 8 บิต คือ ขา ( P2.0-P2.7 ) จะมีโครงสร้างที่คล้ายพอร์ต 0 โดยมี FET ตัวล่างตัวเดียว ส่วนด้านบนใช้ความต้านทานพูลอัพแทน (Internal Pull Up) พอร์ตนี้จะทำงาน 2 หน้าคือ สามารถจะใช้เป็นพอร์ตสำหรับส่งแอดเดรส 8 บิตบน ( A8-A15 ) และใช้ เป็น I/O พอร์ตที่จะใช้งานทั่วไป เมื่อจะใช้งานเป็นอินพุทพอร์ตก็ต้องส่งโลจิก " 1 " มาทีนี้ก่อนเพื่อบังคับให้ FET อยู่ในสถานะ OFF ดังแสดงในรูป 2.

- พอร์ต 3 ( ขา 10 - 17 ) มีทั้งหมด 8 บิตคือขา ( P3.0 - P3.7 ) โดยที่มีโครงสร้างคล้ายที่พอร์ต 1 พอร์ตนี้จะทำหน้าที่เป็น I/O พอร์ต โดยถ้าจะให้พอร์ตนี้เป็น I/P PORT ก็ให้ส่งโลจิก "1" มาที่พอร์ตนี้ก่อนและอีกหน้าที่หนึ่งก็คือ ส่งสัญญาณควบคุมออกมาและรับสัญญาณเข้าไปโดยที่ขาสัญญาณต่างๆโดยแต่ละขามีดังนี้

- P3.0/RXD ( Serial Input Port ) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม
- P3.1/RXD ( Serial Output Port ) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม
- P3.2/INT0 ( External Interrupt ) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก
- P3.3/INT0 ( External Interrupt ) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก



รูปที่ 2.5 แสดงโครงสร้างพอร์ต 1



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของพอร์ท 2 (บิต)

P3.2/INT0 ( External Interrupt ) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

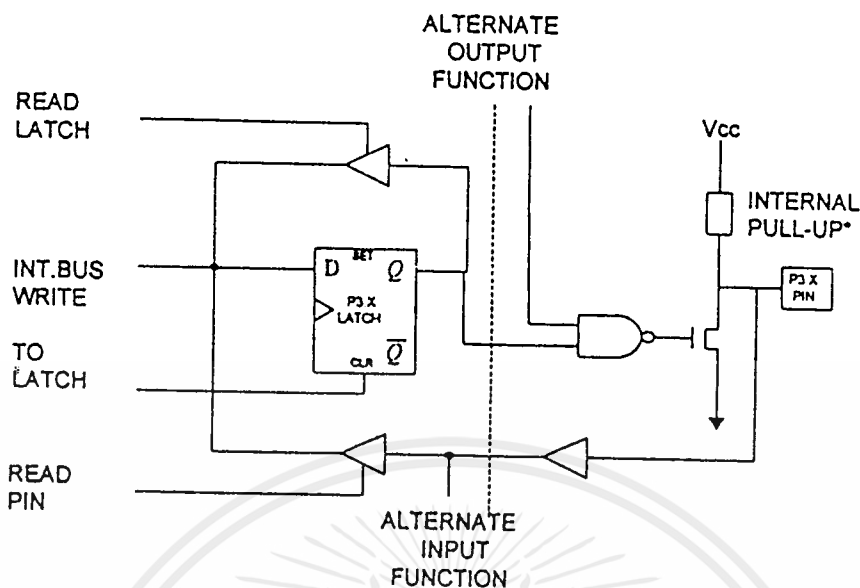
P3.3/INT0 ( External Interrupt ) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P3.4/T0 ( Timer/Counter 0 External Input ) เป็นขาที่รับสัญญาณเข้าไปยัง วงจร Timer/Counter 0 ที่ทำหน้าที่นับจำนวนไชนเคลของสัญญาณ T1 นี้หรือสัญญาณนาฬิกา

P3.5-T1 ( Timer/Counter 0 External Input ) เป็นขาที่รับสัญญาณเข้าไปสู่ที่ วงจร Timer / Counter 1 ซึ่งการทำงานเหมือนกับ T0

P3.6/WR ( External Data Memory Write Strobe )เป็นขาที่ใช้ส่งสัญญาณควบคุม ในการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051

P3.7/RD ( External Data Memory Read Strobe ) เป็นขาที่จะใช้ในการส่ง สัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลหน่วยความจำ สำหรับข้อมูลภายนอกโครงสร้างของ ( พอร์ท 3 )ดัง แสดงในรูปที่ 2.7) โดยที่มีโครงสร้างคล้ายที่พอร์ท 1 พอร์ทนี้จะทำหน้าที่เป็น I/O พอร์ท โดยถ้าจะให้พอร์ทนี้เป็น I / P PORT ก็ให้ส่งลอจิก "1" ออกไปก็จะทำให้พอร์ทนี้กลายเป็น I / P พอร์ทที่สามารถใช้รับค่าลอจิกจากทางอินพุตและหากว่าป้อนลอจิก 0 เข้าไปก็จะกลายเป็น O / P พอร์ทที่สามารถใช้ส่งเอาต์พุตออกไปทางด้านเอาต์พุต



รูปที่ 2.7 โครงสร้างของพอร์ท 3 (บิต)

- ALE (ขา 30) เป็นขาที่จะใช้ส่งสัญญาณสำหรับใช้ในการแลตช์ทางแอดเดรสไบต์ต่ำ (A0-A7) ที่จะส่งออกมาจาก (พอร์ท 0) สัญญาณนี้จะแอกทีฟในทุกๆ 2 ครั้งต่อแมกซ์ซีไอเคล (1/16 ของสัญญาณนาฬิกา)

- PSEN(ขา 29) จะใช้เป็นขาที่ใช้ส่งสัญญาณสโตรบสำหรับที่จะอ่านข้อมูลจากตัว Program Memory ภายนอก (หน่วยความจำประเภท ROM , EPROM) สัญญาณนี้จะส่งออกมา 2 ครั้งในแต่แมกซ์ซีไอเคล แต่ถ้าหากว่าเป็นการอ่านจาก Internal Program Memory ก็จะไม่มีการส่งสัญญาณออกที่ขา

- EA (ขา 30) ถ้าป้อนลอจิก " 0 " เข้าที่ขานี้ซีพียูจะอ่านค่าจากใน Program Memory ภายนอกซีพียูเท่านั้น แต่ถ้าถูกป้อนด้วยลอจิก " 1 " ก็จะอ่านโปรแกรมภายในซีพียู

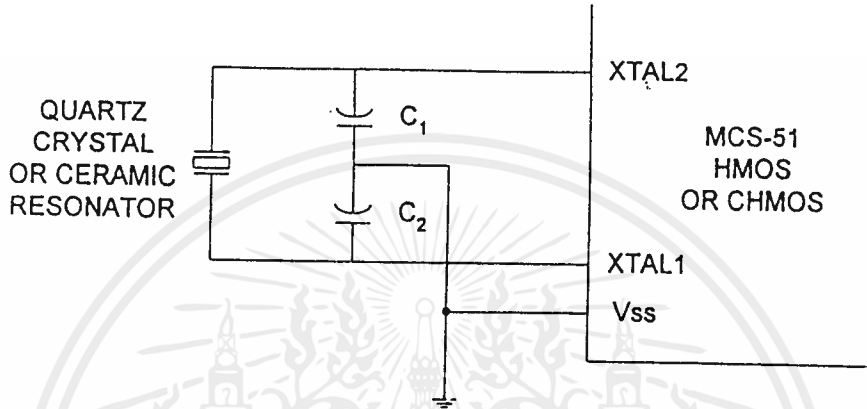
- RST (ขา 9) ใช้รีเซ็ตซีพียูจะรีเซ็ตได้ก็ต่อเมื่อป้อนลอจิก " 1 " เข้าที่ขานี้ นานอย่างน้อย 2 แมกซ์ซีไอเคลซีพียูก็จะถูกรีเซ็ตค่าต่างๆ ในรีจิสเตอร์ทั้งหมด

- XTAL1 (ขา 19) ใช้สำหรับต่อตัวคริสตัลจากภายนอกเพื่อใช้เป็นอินพุตป้อนเข้าสู่วงจรรอสซิลเลเตอร์

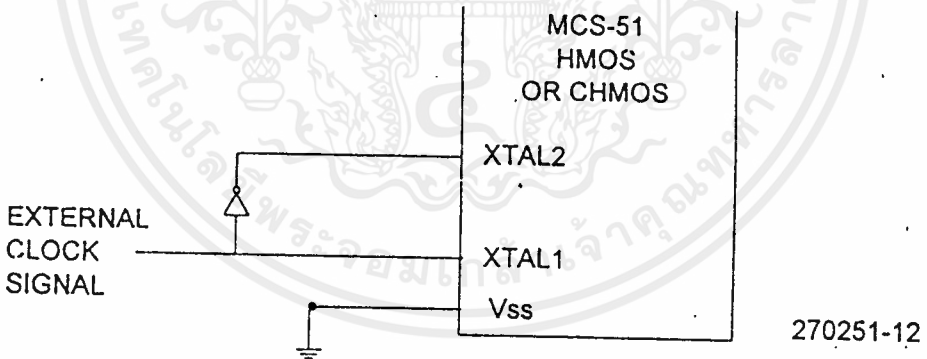
- XTAL2 (ขา 18) ใช้ต่อคริสตัลจากภายนอกโดยจะใช้เป็นเอาต์พุตของวงจรรอสซิลเลเตอร์

### 2.3 วงจรคล็อกของ 8051

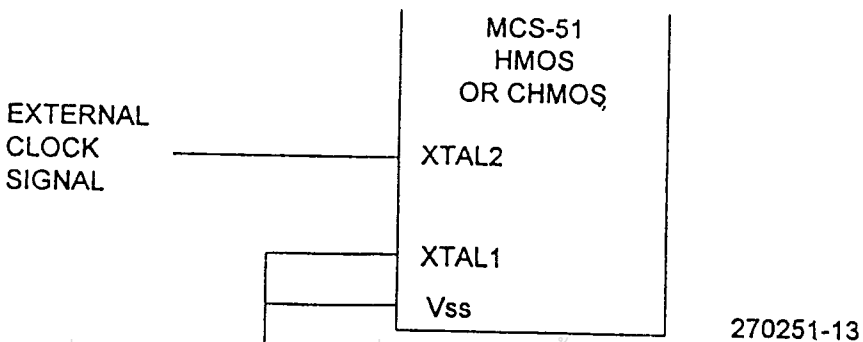
การต่อมีอยู่ด้วยกัน 2 รูปแบบคือ แบบคล็อกภายในและคล็อกจากภายนอกจะมีรูปแบบการต่อดังรูป 2.8



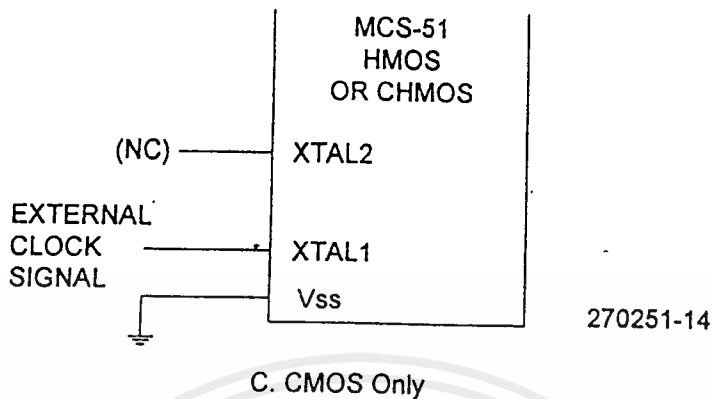
รูปที่ 2.8 ( a ) แสดงการสร้าง Clock โดยตัว MCS - 51



A. HMOS OR CHMOS



B. HMOS Only



รูปที่ 2.8 ( b ) วงจรสร้างคล็อกของ 8051โดยการป้อนมาจากภายนอก

ในการทำงานใน 1 คำสั่งนั้นจะกินเวลาเพียง 1 us เช่น สั่ง INC A ซึ่งเป็นคำสั่ง 1 ไบต์ 1 Cycle Instruction ซึ่งจะเป็นคล็อกไปเท่ากับ 12 ลูก โดยคล็อกลูกที่ 1 และ 2 จะอยู่ในช่วง S1 เฟส 1 และ S1 เฟส 2 และคล็อกลูกที่ 12 ก็อยู่ในช่วง S6P2 นั่นเอง ( ปรกติแล้วซีพียูจะ RUN ด้วยความเร็วเท่ากับ 10 MHz ดังนั้นคล็อก 12 ลูกก็จะกินเวลาเท่ากับ  $(1/12) * 12 = 1\text{us}$  โดยที่คำว่า 1 แมกซ์ไซเคิล คือ ช่วงการทำงานตั้งแต่ S1 จนถึง S6\* ดังแสดงในรูปที่ 2.9

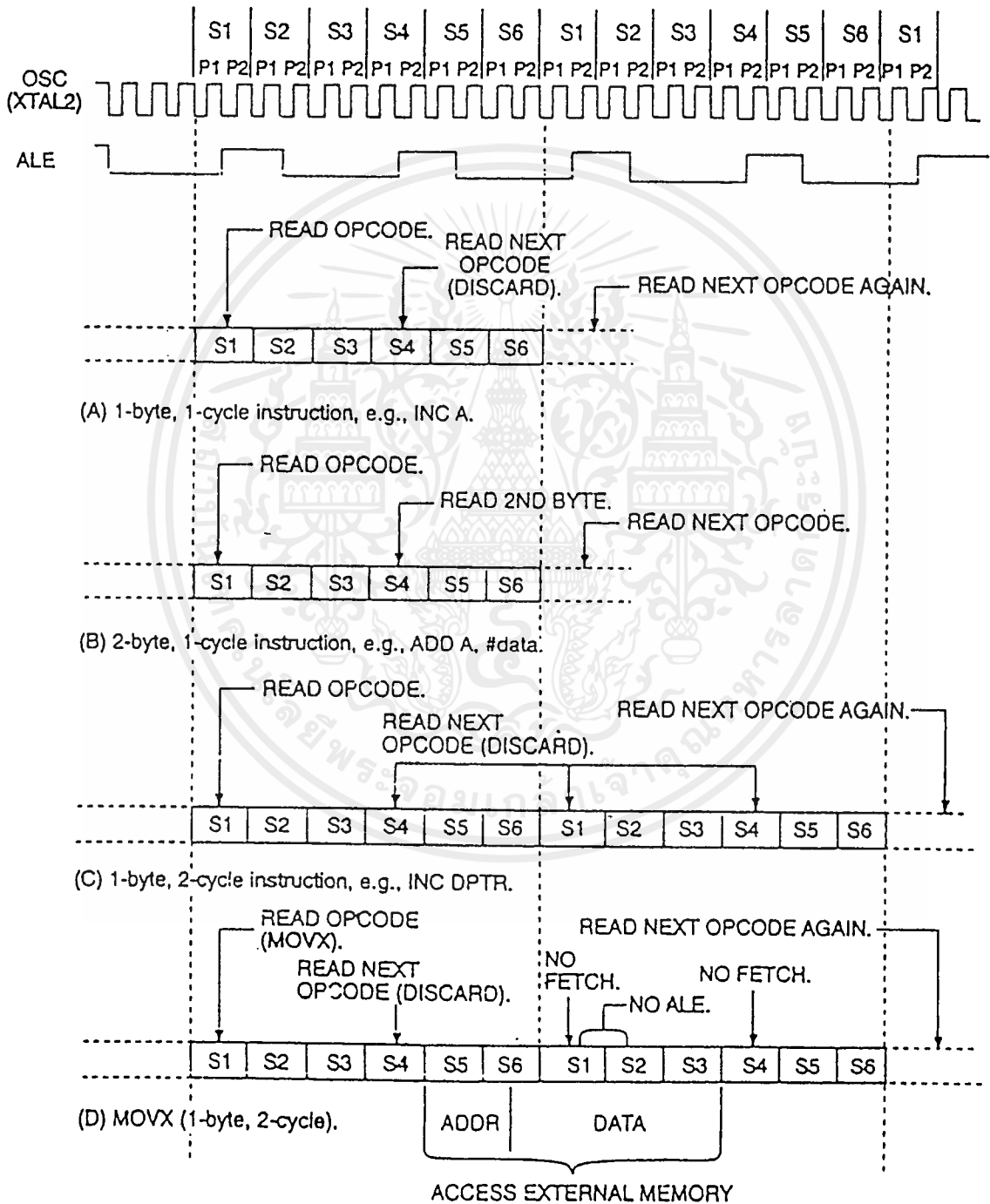
รูป 2.10 ( a ) เป็นผังเวลาของสัญญาณซึ่งใช้เกี่ยวกับการเฟิร์ท ในส่วนของตัว Program Memory ที่อยู่ภายนอกสัญญาณจะนำไปใช้อ่านตัว Opcode ที่อยู่ภายในตัวของ Program Memory ก็คือ PSEN ซึ่งจะแอกทีฟจำนวน 2 ครั้งใน 1 แมกซ์ไซเคิล โดยที่สัญญาณที่ใช้ อ่านข้อมูลจาก Program Memory จะใช้สัญญาณ PSEN

รูป 2.10 ( b ) จะเป็นผังเวลาของสัญญาณที่นำมาใช้เกี่ยวข้องกับการอ่านข้อมูล จาก Data Memory โดยที่สัญญาณ PSEN จะมีเพียง 1 ลูกเพราะเวลาที่ถัดมากจะเป็นช่วงเวลา ในการอ่านข้อมูลจาก Data Memory โดยใช้สัญญาณ Rd ( อาจสรุปได้ง่ายๆ ว่าการที่อ่านข้อมูล จาก Program Memory จะใช้สัญญาณ PSEN และการอ่านข้อมูลจาก Data Memory จะใช้เราจะ สัญญาณ RD ส่วนสัญญาณ ALE คือสัญญาณที่ใช้ในการ Latch Address A0-A7 นั่นเอง )

### 2.4 การแบ่งประเภทของหน่วยความจำ

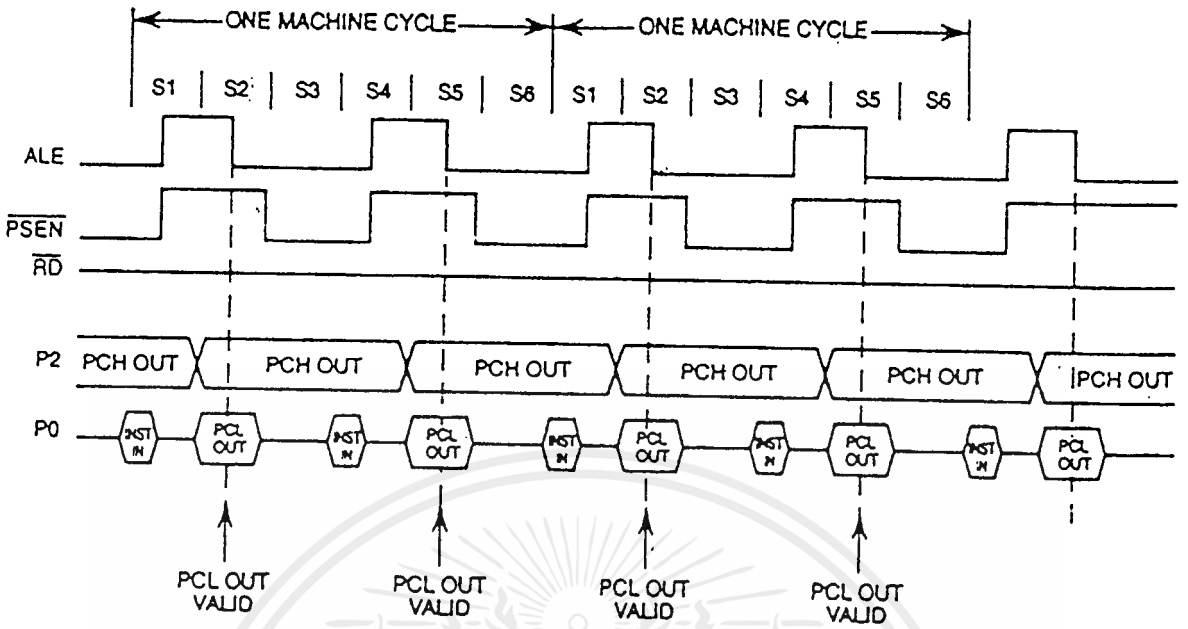
ในตัวหน่วยความจำที่ใช้กับ MSC-51มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิดคือ Program Memory และ Data Memory ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บโปรแกรมสั่งงานจะบรรจุอยู่ภายในตัวชิพตระกูล 8051 ในส่วนที่เป็นตัว Program Memory ก็คือ ROM ขนาด 4 กิโลไบต์นั่นเองแต่ถ้าเป็นเบอร์ 8052 ก็คือ ROM ขนาด 8 กิโลไบต์ Data Memory เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูล

จากการที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51 จะทำงานนั้นต้องใช้คำสั่งเป็นตัวสั่งให้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานและในแต่ละคำสั่งจะมีการทำงานตามผังการทำงานตามรูป โดยในแต่ละคำสั่งอาจเป็นคำสั่ง 1, 2 Byte ที่อาจจะใช้ 1, 2 Machine Cycle ในการทำงานต่อคำสั่ง

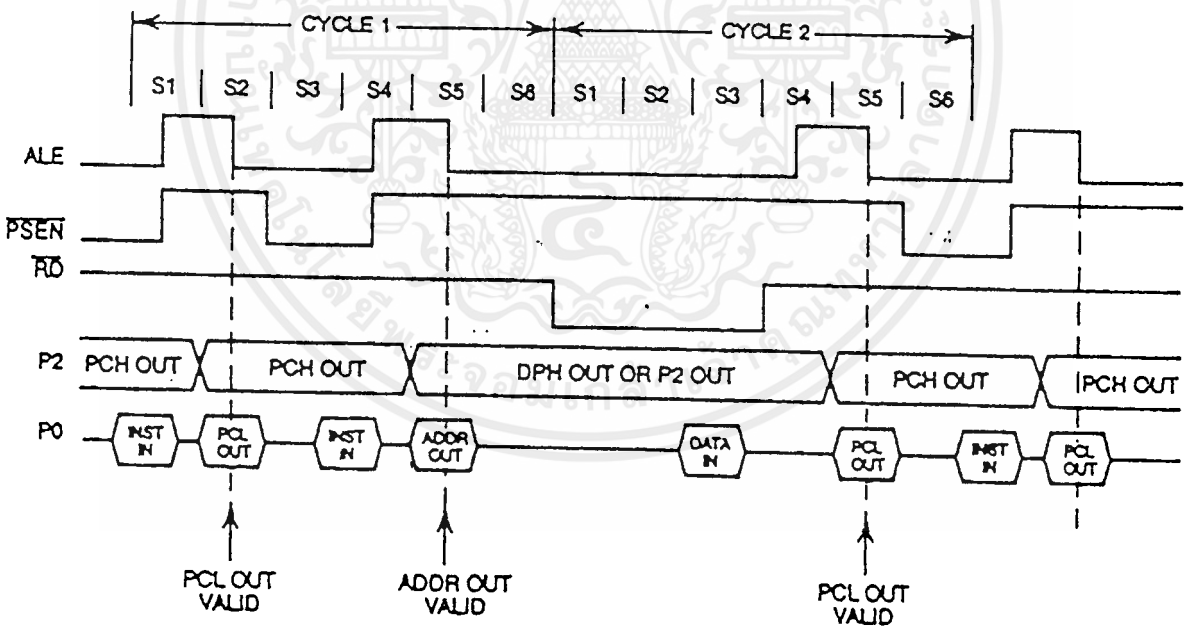


รูปที่ 2.9 ผังเวลาการทำงานของแต่ละคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



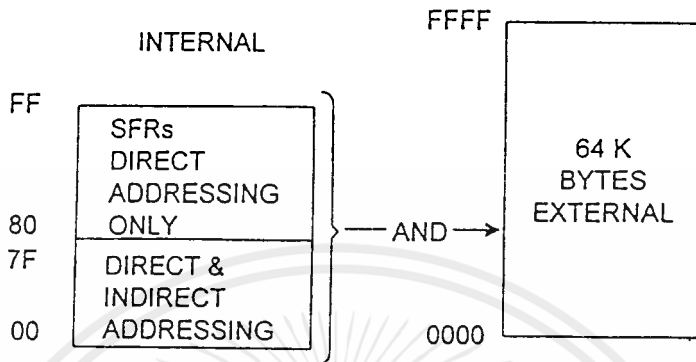
รูปที่ 2.10 ( a ) แสดงแผนผังเวลาการการเฟรชหน่วยความจำ



รูปที่ 2.10 ( b ) แสดงแผนผังเวลาการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกในการอ่าน

สามารถเขียนข้อมูลลงไปและอ่านข้อมูลออกมาได้ซึ่งเป็นหน่วยความจำภายใน ในตัวชิพจะมีเพียงแค่ 128 ไบต์สำหรับในเบอร์ 8051 และ 256 ไบต์สำหรับเบอร์ 8051 ในส่วนของหน่วยความจำภายนอกนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกชิพมี 64 กิโลไบต์ดังได้แสดงในรูป 2.11 และ 2.1 โดยหากว่ามีการใช้งานของหน่วยความจำที่ภายในหมดแล้ว เราสามารถที่จะเพิ่มหน่วยความจำเข้าไปสูงสุดได้ 64 Kbyte เท่านั้น



รูปที่ 2.11 ผังหน่วยความจำสำหรับ Data Memory เบอร์ 8051

ในบางครั้งอาจจะสงสัยว่าตำแหน่งของหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมและดาต้า มีตำแหน่งที่ซ้อนกันซึ่งก็พอจะรู้ได้อย่างไรว่าติดต่อกับหน่วยความจำที่เป็นโปรแกรมหรือดาต้าบริษัท อินเทลได้ออกแบบแยกคำสั่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

- MOV ใช้ติดต่อกับ RAM ภายใน
- MOVC ใช้ติดต่อ Program Memory

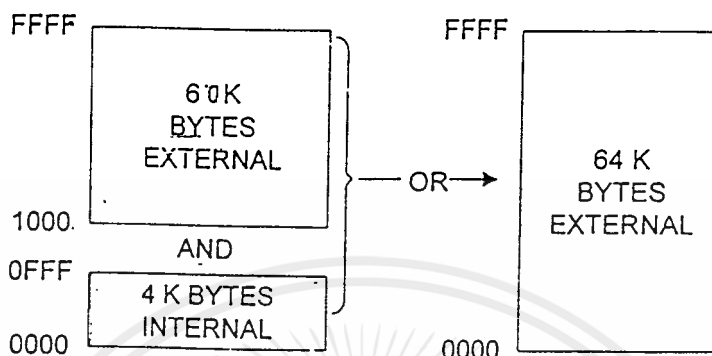
โดยคำสั่ง MOVX จะใช้ติดต่อ Data Memory ภายนอกชิพ โดยที่จะระบุตำแหน่งผ่านรีจิสเตอร์ DPTR ล่างสุดจะแบ่งเป็น 3 ส่วน

1. รีจิสเตอร์แบงค์ ( Register Banks 0 - 3 ) ตั้งแต่ตำแหน่ง ( 00 - 1FH ) จะเป็นส่วนของรีจิสเตอร์แบงค์ ( 0 - 3 ) โดยที่จะแบ่งเป็น 4 แบงค์ๆละ 8 ไบต์รวมแล้วได้ 32 ไบต์ ถ้าชิพทำงานอยู่ที่แบงค์ 3 เมื่อถูกรีเซ็ตก็จะกลับไปทำงานที่แบงค์ 0 เสมอและ SP จะมาเริ่มต้นที่ใหม่ที่ตำแหน่ง 07H ทันที

2. บริเวณหน่วยความจำที่ใช้คำสั่งในอ้างเพื่อการที่จะเขียน / อ่าน เกี่ยวกับบิตได้ ( Bit Addressable Area ) พื้นที่ตั้งแต่แอดเดรส ( 20H-7FH ) จำนวน 16 ไบต์หรือ ถ้านับเป็นบิตจะได้เท่ากับ 128 บิต ซึ่งที่ตำแหน่งบิต 00 , 01 , 02 , 03 , 04 , 05 , 06 , 07 ก็คือ ตำแหน่งหน่วยความจำตำแหน่ง 20H ที่บิต 0 , 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 7 ตามลำดับเช่น ถ้าหากว่าต้องการที่จะไปรีเซ็ตบิต D0 ของตำแหน่ง 20H ก็จะต้องเขียนคำสั่งว่า SET 00H .

3. บริเวณหน่วยความจำที่ใช้งานทั่วไป ( Scratch Pad Area ) จะมีพื้นที่ ตั้งแต่ ( 30H - 7FH ) จะเขียนข้อมูลได้ทีละไบต์เท่านั้นไม่สามารถใช้คำสั่งเกี่ยวกับบิตได้ ถ้าย้ายเนื้อ

ที่สแตคมาระวังการเขียนข้อมูลทับที่สแตค ดังนั้นในการที่จะกำหนดค่าของสแตคในการที่จะเขียนโปรแกรมจะต้องระวังมากๆ



รูปที่ 2.12 ผังหน่วยความจำสำหรับเขียนโปรแกรมสำหรับ MCS-51

### 2.5 ชุดคำสั่งของ MCS - 51

ชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS - 51 จะมีทั้งหมด 256 คำสั่ง วิธีการแปลงภาษาแอสเซมบลีให้เป็นภาษาเครื่องสามารถจะดำเนินการได้ 2 แบบคือการทำด้วยมือและใช้โปรแกรมแอสเซมเบลอร์เช่น SXA-51 , Cross-16 , Cross-32 ฯลฯ โดยที่จะต้องเขียนโปรแกรมแล้วพิมพ์เก็บไว้ใน File โดยตั้งชื่อให้มียามสกุลเป็นจุด ASM โดยโปรแกรมที่จะใช้พิมพ์นั้นอาจจะใช้ SK หรือ Wordstar ก็ได้ ( โปรแกรม Editor นั้นเอง )

การเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีใช้ รหัสช่วยจำ ( Mnemonic Code ) ซึ่งจะประกอบด้วย Operation Code, Operand และ Comment

- Operation Code ( ตัวดำเนินการ ) จะประกอบด้วยตัวอักษร 2 ถึง 4 ตัวอักษร เช่น MOV , MOVX , MOVC , ADD ฯลฯ

- Operand ( ตัวถูกดำเนินการ ) เป็นชุดอักษรที่จะใช้บอกการดำเนินการที่อาจจะเป็นชุดเดียวหรือ 2 ชุดก็ได้ แต่ถ้าหากว่าเป็น 2 ชุดก็จะใช้การคั่นด้วยตัวเครื่องหมายคอมมา ( , )

หากว่าพิจารณาคำสั่งของ MCS - 51 มีคำสั่งที่คล้ายกับของไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไป ดังนั้นเราต้องทำความเข้าใจ Instruction Addressing Mode หรือการจะเลื่อนย้ายข้อมูลไปมาระหว่าง Accumulator , Register , หน่วยความจำภายในและภายนอกเป็นต้นเช่น A, #20H เมื่อเขียนให้เต็มรูปแบบของภาษาแอสเซมบลีจะได้ดังนี้ MOVA, #20H หมายความว่าให้นำค่า 20H ไปเข้ารีจิสเตอร์ A โดยที่ A หมายถึง Distination ส่วน # 20H หมายถึง Sourc โดยที่ Source จะต้องอยู่ทางขวามือและ Distination ( ข้อมูลปลายทาง ) จะอยู่ทางซ้ายมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Symbol	Name	Address
*ACC	Accumulator	0E0H
*B	B Register	0F0H
*PSW	Program Status Word	0D0H
SP	Stack Pointer	81H
DPTR	Data Pointer 2 Bytes	
DPL	Low Byte	82H
DPH	High Byte	83H
*P0	Port 0	80H
*P1	Port 1	90H
*P2	Port 2	0A0H
*P3	Port 3	0B0H
*IP	Interrupt Priority Control	0B8H
*IE	Interrupt Enable Control	0A8H
TMOD	Timer/Counter Mode Control	89H
*TCON	Timer/Counter Control	88H
*+T2CON	Timer/Counter 2 Control	0C8H
TH0	Timer 7 Counter 0 High Byte	8CH
TL0	Timer/Counter 0 Low Byte	8AH
TH1	Timer/Counter 1 High Byte	8DH
TL1	Timer/Counter 1 Low Byte	8BH
+TH2	Timer/Counter 2 High Byte	0CDH
+TL2	Timer/Counter 2 Low Byte	0CCH
+RCAP2H	T/C 2 Capture Reg.	0CBH
+RCAP2L	Byte	0CAH
*SCON	T/C 2 Capture Reg.	98H
SBUF	Byte	99H
PCON	Serial Control	87H
	Serial Data Buffer	
	Power Control	

**ตารางที่ 2.1 แสดงสัญลักษณ์ชื่อและตำแหน่งต่างๆที่มีอยู่ในรีจิสเตอร์พิเศษ  
( Special Function Register )**

- Comment เป็นส่วนที่จะใช้ขยายความหมายของชุดรหัสคำสั่งที่ใช้ โดยจะนำหน้าด้วยเครื่องหมาย “ ; ”

กลุ่มคำสั่งที่จะใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อจะกำหนดการทำงานของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถแบ่งได้ 5 กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

- กลุ่มคำสั่งทางลอจิก
- กลุ่มคำสั่งทางคณิตศาสตร์
- กลุ่มคำสั่งควบคุมลำดับการทำงาน
- กลุ่มคำสั่งการประมวลผลแบบบูลีน ( Boolean )

นอกจากนี้ยังแบ่งตามวิธีการเข้าถึงข้อมูล (Addressing Mode) ได้ดังนี้

- Direct Addressing เช่น MOV A, 7FH
- Indirect Addressing เช่น MOV A, @R1
- Immediate Addressing เช่น MOV A, #7FH
- Register Addressing เช่น MOV A, R7

## 2.6 Addressing Modes

เราสามารถที่จะแบ่งการทำงานของ Addressing Mode ออกเป็นแบบต่างๆ ได้ดังนี้คือ

- Immediate Addressing Mode ( วิธีการเข้าถึงข้อมูลโดยตรง ) จะเป็นคำสั่งเกี่ยวกับการกำหนดค่าโดยตรงซึ่งจะใช้เครื่องหมาย “ # ” ใช้แสดงว่าเป็นค่าคงที่ไม่ใช่ตำแหน่งของหน่วยความจำเช่น MOV A, # 20H

- Register Addressing Mode ( วิธีการเข้าถึงข้อมูลผ่านรีจิสเตอร์ต่างๆไป ) รีจิสเตอร์ที่ใช้งานคือ R0 , R1 , R2...R7 โดยมีชื่อรวมว่า Rn โดยค่า n ก็คือเลข 0 , 1 , 2....., 7 นั่นเอง เช่น MOV A, Rn ดังตัวอย่างดังนี้ MOV A,R0 MOV A,R1 MOV A,R7

- Direct Addressing Mode ( วิธีการเข้าถึงตำแหน่งข้อมูลโดยตรง ) จะเป็นคำสั่งที่ใช้เข้าถึงข้อมูลที่ตำแหน่งแอดเดรสโดยตรงโดยใส่แอดเดรสที่หลัง Op-Code จะที่มีรูปแบบในการเขียนดังนี้คือ MOVA, 20H ตำแหน่งที่จะสามารถเข้าถึงได้คือ ( 00H - 7FH ) จำนวน 128 ไบต์และที่ตรงตำแหน่งของ SFR ซึ่งอยู่ในช่วง ( 80H - FFH ) ซึ่งใน SFR ตำแหน่ง ( 00H - 1FH ) เป็นตำแหน่งของรีจิสเตอร์ ( R0 - R7 ) มีจำนวน 4 แบนด์จะมีได้แค่เพียงแบนด์เดียวเท่านั้นที่ใช้งานได้ไม่ว่าเวลานั้นในการที่จะเลือกว่าจะใช้งานแบนด์ไหนให้กำหนดค่า SRO และ SR1 อยู่ที่รีจิสเตอร์ PSW และในการที่จะเคลื่อนย้ายข้อมูลทั้ง 3 ไทมนั้นจะต้องมีการใช้ Direct , Immediate and Register Addressing Modes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Indirect Addressing Mode ( การเข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อม ) วิธีการนี้จะต้องระบุตำแหน่งผ่านทาง R0 และ R1 เท่านั้น โดยจะใช้สัญลักษณ์ " @ " มานำหน้า โดยที่จะมีรูปแบบดังนี้คือ MOV A, @Ri ( โดยที่ i จะถูกแทน ด้วย 0 หรือ 1 เท่านั้น )

- External Data Moves ( ใช้ในการเคลื่อนย้ายข้อมูลกันระหว่างหน่วยความจำภายนอก ) เนื่องจากหน่วยความจำภายในชิพเองมีขนาดความจุที่น้อย เมื่อต้องการขยายหน่วยความจำให้มากขึ้นสูงสุดจะได้ไม่เกิน 64 กิโลไบต์ คำสั่งที่จะใช้ในติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกชิพนั้น ใช้คำสั่งในรูปแบบ MOVX , MOVC , MOVX จะใช้ติดต่อกับ RAM ส่วน MOVE จะใช้ติดต่อกับ ROM เนื่องจากว่า Ri ระบุแอดเดรสได้ในช่วง 00 - FFH เท่านั้น ดังนั้นในแอดเดรสที่สูงกว่านี้ก็ต้องใช้ตัว DPTR มาเป็นตัวกำหนดแอดเดรส DPTR สามารถระบุแอดเดรสได้ใน ( 0000H - FFFFH )

- Code Memory Read - Only Data Moves ( การเคลื่อนย้ายข้อมูลของหน่วยความจำโปรแกรมกับรีจิสเตอร์ ) ถ้าเป็นการเคลื่อนย้ายข้อมูลระหว่างหน่วยความจำกับรีจิสเตอร์ จะใช้คำสั่ง MOV และ MOVX เมื่อย้ายลงมายังหน่วยความจำประเภท RAM ซึ่งเป็นที่เก็บข้อมูลชั่วคราวเมื่อไฟดับข้อมูลจะสูญหาย ดังนั้นข้อมูลใน Table ที่จำเป็นในตัวโปรแกรมใช้งาน จำเป็นที่จะต้องเคลื่อนย้ายจากหน่วยความจำประเภทที่ถาวร ( ข้อมูลจะไม่มีสูญหายเมื่อไฟดับ ) หน่วยความจำประเภทนี้ก็คือ ROM , EPROM ฯลฯ การเคลื่อนย้ายข้อมูลจากหน่วยความจำถาวร เช่น ประเภท ROM จะใช้คำสั่ง MOV ที่ตามด้วยอักษร " C " อักษรนี้หมายถึง Code Memory นั่นเอง

- Push And Pop Opcodes ( รหัสคำสั่ง Push และ Pop ) รหัสคำสั่ง Push and Pop คำสั่ง Push จะนำข้อมูลเข้าไปเก็บยังสแต็ค ( พื้นที่ส่วนหนึ่งของ Internal RAM ) จะเก็บไว้ ณ ตำแหน่งใดจะดูที่ SP ( Stack Pointer ) ข้อมูลจะเก็บไว้ ณ ตำแหน่ง ( SP+1 ) ซึ่งไม่เหมือนกับการ POP จะดึงข้อมูลออกมาก่อน ณ ตำแหน่ง SP หลังจากดึงข้อมูลออกมาแล้วจะมีค่าเป็น ( SP - 1 )

- Data Exchanges ( การแลกเปลี่ยนข้อมูล ) หมายถึง การสลับข้อมูลไปมาระหว่าง Source และ Destination การแลกเปลี่ยนข้อมูลในรีจิสเตอร์ A กับ พอร์ตที่มีการทำงานดังนี้ ข้อมูลใน Port ( Pin ) จะถูกนำมาเก็บยัง A และข้อมูลใน A จะส่งไปยังตัว Port Latch การใช้คำสั่ง Ech ที่มีประโยชน์ในการเก็บค่าในรีจิสเตอร์ A ไว้เมื่อเราไม่อยากจะใช้คำสั่ง PUSH ข้อมูลใน Port ( Pin ) จะถูกนำมาเก็บยัง A และข้อมูลใน A จะถูกส่งไปยัง Port Latch การใช้คำสั่ง Ech ที่มีประโยชน์ในการเก็บค่าในรีจิสเตอร์ A ไว้เมื่อเราไม่อยากจะใช้คำสั่ง PUSH



## 2.7 กลุ่มคำสั่งทางตรรกศาสตร์

กลุ่มคำสั่งทางตรรกศาสตร์นี้มีการทำงานเหมือนกับ Boolean Operator ซึ่งได้แก่ AND , OR , XOR , NOTซึ่งมีประโยชน์ในการใช้งานควบคุมสวิตช์ต่างๆรูปแบบคำสั่งของ MCS-51 เมื่อเทียบกับ Boolean Operator มีดังนี้

Boolean Operator	8051 Mnemonic
AND	ANL ( AND Logical )
OR	ORL ( OR Logical )
XOR	XRL ( Exclusive OR Logical )
NOT	CPL ( Complement )

การกระทำทางลอจิกสามารถดำเนินการได้ทั้งแบบบิตและไบต์ อีกทั้งยังมีรหัสคำสั่งในการ Rotate ได้ด้วย

1. Byte-Level Logical Operations ( การกระทำทางลอจิกทีละไบต์การทำงานแบบนี้มีวิธีการเข้าหาข้อมูลที่จะดำเนินการได้ถึง 4 Addressing Mode

2. Bit-Level Logical Operations ( การกระทำทางลอจิกแบบทีละบิต ) การใช้คำสั่งทีละบิตจะมีความสามารถมากกว่าไบต์เช่นต้องการให้ Timmer 0 เริ่มทำงานเราก็จะต้องไปทำให้บิต 4 ใน TCON เป็นระดับลอจิก 1 ( เห็นบิต TRO ซึ่งเป็นบิตที่ 4 ใน TCON ) นั่นเอง ที่ตำแหน่งนี้สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้นั้นจะมีเพียงบางตำแหน่งใน SFR และ Internal RAM บางตำแหน่งเท่านั้น

- Bit Address มีค่าตั้งแต่ ( 00H - 7FH ) จำนวน 128บิต ซึ่งจะบรรจุอยู่ใน Internal RAM แอดเดรสตั้งแต่ ( 20H - 2FH ) จำนวน 16 ไบต์ ( 1 ไบต์มี 8 บิต ดังนั้น 16 ไบต์จะมี  $( 8 * 16 ) = 128$  บิต )

บิต 00 จะอยู่ที่บิต D0 ในตำแหน่ง Byte Address เท่ากับ 20h

บิต 01 จะอยู่ที่บิต D1 ในตำแหน่ง Byte Address เท่ากับ 20h

บิต 03 จะอยู่ที่บิต D2 ในตำแหน่ง Byte Address เท่ากับ 20h

บิต 08 จะอยู่ที่บิต D0 ในตำแหน่ง Byte Address เท่ากับ 21h

บิต 09 จะอยู่ที่บิต D1 ในตำแหน่ง Byte Address เท่ากับ 21h

บิต 0A จะอยู่ที่บิต D2 ในตำแหน่ง Byte Address เท่ากับ 21h

บิต 7F จะอยู่ที่บิต D7 ในตำแหน่ง Byte Address เท่ากับ 2Fh

บิต 7E จะอยู่ที่บิต D6 ในตำแหน่ง Byte Address เท่ากับ 2Fh

- SFR Bit Address ( แอดเดรสบิตใน SFR ) ในการจัดวางตำแหน่งบิตใน SFR ดังรายละเอียด

บิต 0E0 ก็คือบิต D0 ในรีจิสเตอร์ A

บิต 0E1 ก็คือบิต D1 ในรีจิสเตอร์ A

บิต 0E7 ก็คือบิต D7 ในรีจิสเตอร์ A

บิต 0F0 ก็คือบิต D0 ในรีจิสเตอร์ B

บิต 0F1 ก็คือบิต D1 ในรีจิสเตอร์ B

บิต 0F7 ก็คือบิต D7 ในรีจิสเตอร์ B

พอร์ทแต่ละพอร์ทในตัว MCS - 51 เช่นพอร์ท 0 ( P0 ) พอร์ทนี้มี 8 บิต บิต 0 ของพอร์ท 0 จะเขียนสัญลักษณ์ว่า P0.0 ในทำนองเดียวกัน

- P1.2 ก็คือพอร์ท 1 บิต 2 ตำแหน่ง Bit Address ก็คือ 92H

- P1.3 ก็คือพอร์ท 1 บิต 3 ตำแหน่ง Bit Address ก็คือ 93H

## 2.8 กลุ่มทางคณิตศาสตร์

การนำไมโครคอนโทรลเลอร์ไปใช้งานบ่อยครั้งที่จะต้องไปเกี่ยวข้องกับการคำนวณทางคณิตศาสตร์ คำสั่งทางคณิตศาสตร์ที่มีใช้ใน MCS - 51 เป็นค่าที่บรรจุในรีจิสเตอร์หรือหน่วยความจำขนาด 8 บิต เมื่อเพิ่มค่าจาก 0FFH ก็จะกลายเป็น 00H

- DPTR เป็นรีจิสเตอร์ 16 บิต เมื่อเกิด OVER FLOW ก็จะเปลี่ยนจาก 0FFH เป็น 000H โดยมีข้อกำหนดว่า

1. ค่าที่บรรจุใน 1 ไบต์ มีค่าได้ตั้งแต่ ( 00H - 0FFH )

2. คำสั่ง INC DPTR มีคำสั่ง DEC DPTR จะไม่มีในชุดคำสั่ง

- Addition ( การบวก ) รูปแบบของคำสั่งกระทำกับรีจิสเตอร์ A โดยที่ A จะเป็นที่เก็บผลลัพธ์ที่ปลายทาง Address Modes ทั้ง 4 จะถูกนำมาใช้กับคำสั่ง ADD นี้ได้

- unsigned and Signed Addition ( การบวกเลขแบบไม่คิดเครื่องหมายและแบบเครื่องหมาย ) การทำฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์นั้นโปรแกรมเมอร์อาจใช้ตัวเลขแบบมีตัวเครื่องหมายหรือไม่มีเครื่องหมายก็ได้ เลขแบบไม่มีเครื่องหมายคือ เลขที่มีค่าบวกทั้งหมดไม่มีค่าลบเช่น ( 00H - FFH ) จะมีค่าเท่ากับ ( 00 - 256 ) แบบฐานสิบ ส่วนเลขแบบมีเครื่องหมายจะใช้บิตสูงสุด ( MSB ) เป็นบิตแสดงเครื่องหมาย เช่น เลข ( 00H - FFH ) จะมีค่าเท่ากับ ( -128 ถึง +127 ) อย่างละ 128 ค่า

บิต D7 = 0 จะมีค่าถึง ค่าบวก

บิต D7 = 1 จะมีค่าถึง ค่าลบ

ไบต์) - Multiple-Byte Signed Arithmetic( การทำฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์แบบหลายค่าสูงสุดของค่าบวกก็คือ +32767D หรือ 7FFFH

ค่าสูงสุดของค่าลบก็คือ -32768Dหรือ 8000H ทั้งหมดนี้มีค่า Binaryดังนี้

+32767D = 01111111 11111111b = 7FFFH

+00000D = 00000000 00000000b = 0000H

-00001D = 11111111 11111111b = FFFFH

-32768D = 10000000 00000000b = 8000H

- Subtraction ( คำสั่งลบ ) คำสั่งลบไม่เหมือนกับคำสั่งบวกตรงที่คำสั่งใช้บวกรู้ให้เลือกว่าบวกแบบคิด Carry หรือไม่ แต่คำสั่งมีเพียงการลบแบบคิด Borrow เท่านั้น ตัวย่อของ Borrow จะถูกแทนด้วยอักษร " B " การลบจะทำการใช้รีจิสเตอร์ A เท่านั้น และผลลัพธ์จะเก็บในรีจิสเตอร์ A รูปแบบคำสั่งมีอยู่ทั้งหมด 7 Addressing Mode ตัว C Flag จะถูกเซ็ทเมื่อมีการยืมเข้ามาในบิต 7 (ตัวตั้งน้อยกว่าตัวลบ) ในทางกลับกันจะรีเซ็ทและ ACจะถูกเซ็ทเมื่อมีการยืมเข้าบิต 3 และในทางกลับกันจะถูกรีเซ็ท

คำสั่ง SUBB มีผลต่อ Flag ดังนี้

CY = 1 เมื่อมีการยืมเข้ามายังบิต 7 และในทางกลับกันจะเป็น 0

AC = 1 เมื่อมีการยืมเข้ามายังบิต 3 และในทางกลับกันจะเป็น 0

- Unsigned and Signed Subtraction (การลบแบบที่จะคิดเครื่องหมาย และไม่คิดเครื่องหมาย)

- Unsigned Subtraction ( การลบแบบไม่คิดเครื่องหมาย ) จากการที่ใช้คำสั่ง SUBBนี้จะเอาค่าใน C Flag ไปลบด้วย แต่ถ้าโปรแกรมเมอร์ไม่ต้องการก็สามารถเคลียร์ทิ้งได้ โดยใช้คำสั่ง Reset Bit ผลการทำงานแบบนี้จะเป็นจริงได้ก็ต่อเมื่อตัวตั้งมากกว่าตัวลบเท่านั้น

- Signed Subtraction ( การลบแบบคิดเครื่องหมาย ) ในการลบแบบที่จะคิดตัวเครื่องหมาย เมื่อลบกันแล้วผลลัพธ์จะเป็นจริงได้จะต้องอยู่ในช่วง -128 ถึง +127 เท่านั้นเมื่อทั้งตัวตั้งและตัวลบล้วนเป็นค่าบวก

- Multiplication and Division ใน MCS - 51จะมีคำสั่งที่ใช้เกี่ยวกับการคูณกับการหาร โดยกระทำกับรีจิสเตอร์ A และ B เท่านั้น Multiplication การคูณเลข 8 บิต 2 จำนวนเมื่อคูณแล้วผลลัพธ์จะได้ถึง 16 บิต คำสั่งในการคูณคือ MUL AB โดยผลลัพธ์ 8 บิตล่างถูกเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ A ผลลัพธ์ 8 บิตบนจะเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ B

## 2.9 JUMP AND CALL OPCODES

ชุดคำสั่ง Jump ในลักษณะต่างๆ ทั้งแบบมีเงื่อนไขและไม่มีเงื่อนไขซึ่งรูปแบบของคำสั่งดังนี้

- Jump on bit conditions
- Compare byte and jump if not equal
- Decrement byte and jump if zero
- Call a subroutine
- Return from a subroutine

คำสั่ง Jump and Call Program Range คำสั่งจะ Jump และ Call ไปยังที่ตำแหน่งต่างๆได้นั้นจำเป็นที่จะต้องใส่ค่าแอดเดรสที่จะกระโดดเข้าไปใน PC และ ค่าแอดเดรสเก่าของ PC จะเข้าไปเก็บใน Stack คำสั่ง Jump มี 3 รูปแบบ คือ

- SJMP addr ( Short Jump ) จะกระโดดเกินหน้าได้ไม่เกิน 127 ไบต์ถอยหลังได้ไม่เกิน 128 ไบต์

- AJMP addr ( Absolute Jump ) จะกระโดดไปได้ในช่วง 2 กิโลไบต์ 128 ไบต์

- LJMP addr ( Long Jump ) จะกระโดดได้ 64 กิโลไบต์

- Relative Range ( ช่วงระยะสัมพัทธ์ ) การที่จะกระโดดไปยังตำแหน่งที่ใหม่ก็คือ การนำแอดเดรสใหม่เข้า PC นั้นเอง แต่การจะกระโดดแบบ Relative นี้จะใช้วิธีการใส่ค่าเพิ่มเข้าไปใน PC หรือลดค่าใน PC ลงซึ่งค่านี้อยู่ในช่วง ( -128D ถึง +127D )

- Short Absolute Range\_ ( ระยะห่างสัมพัทธ์แบบช่วงสั้น ) เป็นช่วงที่ในการแบ่งหน่วยความจำออกเป็นเพจ ( Page ) โดยที่จะแบ่งเป็นเพจละ 256 ไบต์ , 2 กิโลไบต์ , 4 กิโลไบต์ก็ได้แต่ PC ใน 8051 จะมอง 1 เพจคือ 2 กิโลไบต์ แต่ถ้าหากเราแบ่งหน่วยความจำทั้ง 64 กิโลไบต์เราก็แบ่งจะได้ 32 เพจ (  $32 * 2 = 64 \text{ bytes}$  ) รูปแบบคำสั่งก็คือ AJMP และ ACALL

- Long Absolute Range จะเป็นการแบ่งหน่วยความจำทั้ง 64 กิโลไบต์ให้ออกเป็นเพจเดี่ยวดังนั้นชุดคำสั่งที่ใช้ Long Absolute Range จะทำให้โปรแกรมกระโดดไปได้กว้างมากถึง 6 กิโลไบต์

- Jumps การกระโดดไปยังตำแหน่งใหม่นั้นแบ่งรูปแบบของการที่จะกระโดดได้ 2 แบบ คือ แบบมีเงื่อนไข และไม่มีเงื่อนไข

1. Bit Jumps เป็นการกระโดดแบบมีเงื่อนไขมีการทำงานโดยจะมีการตรวจสอบที่ค่าบิต Carry ใน PSW หรือบิตใดๆในหน่วยความจำบางตำแหน่งที่ 8051 กำหนดไว้

2. Uncondition Jump การ Jump แบบไม่มีเงื่อนไขมีอยู่ 4 รูปแบบ คือ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 JMP @ A+DPTR เช่น @ A+DPTR

2.2 AJMP add เช่น AJMP Loop โดยตำแหน่งที่ Loop จะต้องอยู่ในช่วง 2 Kbyte

2.3 LJMP add เช่น LJMP Loop โดยตำแหน่งที่ Loop ต้องอยู่ในช่วงของค่า 64 Kbyte

2.4 Call and Return ( การเรียกโปรแกรมย่อยและการกระโดดกลับ )

## 2.10 การขัดจังหวะและการกระโดดกลับ ( Interrupts and Return )

การขัดจังหวะ ( Interrupt ) ก็คือการหยุดการทำงานของโปรแกรมที่กำลังทำงานอยู่ชั่วขณะจะเรียกโปรแกรมการอินเทอร์รัพต์อัตโนมัติมากระตุ้นให้เกิดการ Interrupt มาจาก 6 แหล่ง แต่มีเพียง 5 Vector ดังนั้นอินเทอร์รัพต์จากพอร์ทอนุกรมทั้งการส่งและการรับจะใช้ Vector ที่ตำแหน่งเดียวกันคือ แอดเดรส 0023H ในโปรแกรมใช้บริการอินเทอร์รัพต์จะต้องปิดท้ายด้วย คำสั่ง RET1

## 2.11 รีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ

Special Function Register (SFR) เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้งานในหน้าที่ต่างๆ กันซึ่งบรรจุไว้ในหน่วยความจำภายใน (Internal RAM) ตำแหน่ง (80H-FFH) การติดต่อกับรีจิสเตอร์ใน SFR นี้ต้องใช้คำสั่งเข้าถึงข้อมูลแบบทางตรงเท่านั้น ( DirectAddressing Mode ) ทั้งแบบบิตและไบต์ก็ได้เช่น ถ้าต้องการโหลดค่า 21H เข้ารีจิสเตอร์ A จะเขียนคำสั่งได้ดังนี้ MOV A,#21H แบบนี้เป็นเขียนข้อมูลเข้ารีจิสเตอร์ทีละไบต์ ถ้าจะเขียนข้อมูลเข้าทีละบิตจะต้องใช้คำสั่งเกี่ยวกับการเซ็ทบิตรายละเอียดของรีจิสเตอร์ต่างๆ ใน SFR มีดังนี้

- Accumulator (ACC) ที่อยู่ตำแหน่ง 0E0h อันเป็นรีจิสเตอร์ 8 บิตที่จะใช้ประมวลผลทางคณิตศาสตร์เช่น บวก ลบ คูณ หาร หรือ เป็นทางผ่านในการเคลื่อนย้ายข้อมูล

- B Register (B) อยู่ที่ตำแหน่ง 0F0h เป็นรีจิสเตอร์ 8 บิตที่ใช้คำสั่งคูณ และหาร ร่วมกับรีจิสเตอร์ A เช่น MUL AB, DIV AE

- Program Status Word ที่อยู่ในตำแหน่ง 0D0h เป็นรีจิสเตอร์ 8 บิต แต่ใช้งานเพียง 7 บิต 5 บิต เป็นแฟลกซ์ และอีก 2 บิต เป็นบิตเลือกรีจิสเตอร์แบงก์เลือกได้ 3 แบงค์คือ ที่แบงค์ 0-3 นั้นเองรายละเอียดดังรูป 2.13 ในแต่ละบิตของ PSW ( Program Word Status ) จะมีหน้าที่การทำงานที่ต่างกัน โดยมันมีทั้งหมดจำนวน 8 บิตแต่มีการใช้งานแค่เพียง 7 บิตเท่านั้น ดังแสดงรายละเอียดไว้

( MSB )						( LSB )	
CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	-	P

### รูปที่ 2.13 แสดงรีจิสเตอร์ภายใน PSW

รายละเอียดภายในรีจิสเตอร์ PSW ( Program Word Status ) แต่ละบิตดังนี้

1. Carry Flag ( CY ) ทำหน้าที่ในการเป็นเฟลกดตัวทศหรือแอกคิวิตูเรเตอร์ระดับบิต
2. Auxiliary Carry ( AC ) ทำหน้าที่เป็นเฟล็ก C ช่วยเสริมในการใช้รหัส BCD
3. Flag 0 ( F0 ) ทำหน้าที่เป็นเฟล็กใช้งานทั่วไป
4. Reg Bank Selec 0 ( RS 0 ) ทำหน้าที่ในการเลือกใช้รีจิสเตอร์แบงค์ 0 - 3
5. Reg Bank Selec 1 ( RS 1 ) ทำหน้าที่ในการเลือกใช้รีจิสเตอร์แบงค์ 0 - 3
6. Overflow ( OV ) ทำหน้าที่ในการเป็นเฟล็กโอเวอร์โฟลล์
7. - ใช้งานทั่วไป
8. Parity ( P ) ทำหน้าที่เป็นพาริตีใช้งานกับแอกคิวิตูเรเตอร์

- Stack Pointer ( SP ) อยู่ในตำแหน่ง 081H เป็นรีจิสเตอร์ 8 บิต ที่จะใช้ที่ตำแหน่งของสแตคทุกครั้งที่ถูกเรียกก็จะมีค่าเท่ากับ 07H จะเพิ่มขึ้น 1 เสมอเมื่อจะใช้คำสั่ง CALL กับ PUSH และจะลดลงเมื่อทำคำสั่ง RET, RETI, POP ฯลฯ

- Data Pointer Register\_ อยู่ในตำแหน่ง 82H และ 83H เป็นรีจิสเตอร์ 16 บิต แบ่งเป็น 8 บิตล่างและ 8 บิตบนมีชื่อว่า DPH และ DPL อยู่ที่ตำแหน่ง 83H และ 82H ตามลำดับ ก็มีประโยชน์ในการชี้แอดเดรสของตัวหน่วยความจำเช่น Port ( 0 - 3 ) อยู่ที่ตำแหน่ง 80H, 90H, 0AH 0BH เป็นรีจิสเตอร์ 8 บิตที่ใช้เก็บข้อมูลก่อนที่จะส่งข้อมูลอนุกรมออกไป หรือเป็นบัฟเฟอร์เพื่อที่เก็บข้อมูลในช่วงที่รับข้อมูลเข้ามา SBUF จะมีอยู่ 2 ตัวคือ ตัวรับและส่ง แยกกันในการรับส่งข้อมูล ในอนุกรมมี 4 โหมดด้วยกันคือ

1. Interrupt Priority Register ( IP ) อยู่ที่ตำแหน่ง เป็นรีจิสเตอร์ควบคุมลำดับความสำคัญของอินเตอร์พท์ โดยภายในของรีจิสเตอร์ IP จะมีการทำงานของแต่ละบิตที่ต่างกัน โดยแต่ละบิตจะทำงานเกี่ยวเนื่องกับรีจิสเตอร์ IE และลักษณะในการเซตค่าจะแสดงในทั้งหมดจำนวน 8 บิต

( MSB )

( LSB )

X	X	PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0
---	---	-----	----	-----	-----	-----	-----

### รูปที่ 2.14 แสดงหน้าที่การทำงานของแต่ละบิตในรีจิสเตอร์ IP

รายละเอียดภายในรีจิสเตอร์ IP ( Interrupt Priority ) ในแต่ละบิต

1. X    สงวนไว้ไม่ใช้งาน
2. X    สงวนไว้ไม่ใช้งาน
3. PT2  กำหนดความสำคัญของอินเตอร์รัพ Timer 2
4. PS   กำหนดความสำคัญของอินเตอร์รัพ พอร์ตอนุกรม
5. PT1  กำหนดความสำคัญของอินเตอร์รัพ Timer 1
6. PX1  กำหนดความสำคัญของอินเตอร์รัพ ภายนอก 1
7. PT0  กำหนดความสำคัญของอินเตอร์รัพ Timer 0
8. PX0  กำหนดความสำคัญของอินเตอร์รัพ ภายนอก 0

2. Interrupt Enable Register ( IE ) อยู่ที่ตำแหน่ง 0AH เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการกำหนดให้ทำหรือไม่ทำอินเตอร์รัพ ( Enable หรือ Disable ) มีอินเตอร์รัพจาก 6 แหล่ง 5 Vector เช่น ถ้าต้องการให้พอร์ตอนุกรมทำอินเตอร์รัพได้ก็ต้องเซตบิต ES ( บิต D4 ใน IE ) ไปด้วยคำสั่งนี้ SETB ES หรือจะห้ามไม่ให้พอร์ตอนุกรมทำอินเตอร์รัพก็ต้องใช้คำสั่ง CLR ES

( MSB )

( LSB )

EA	X	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0
----	---	-----	----	-----	-----	-----	-----

### รูปที่ 2.15 แสดงหน้าที่การทำงานของแต่ละบิตในรีจิสเตอร์ IE

รายละเอียดภายในรีจิสเตอร์ IE ( Interrupt Enable ) ในแต่ละบิต

1. EA    ทำการอนุญาตและไม่อนุญาตการอินเตอร์รัพทุกชนิด
2. X    สงวนไว้ไม่ใช้งาน
3. ET2  ทำการอนุญาตและไม่อนุญาตการอินเตอร์รัพจาก Timer 2
4. ES    ทำการอนุญาตและไม่อนุญาตการอินเตอร์รัพจาก พอร์ตอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 5. ET1 ทำการอนุญาตและไม่อนุญาตการอินเทอร์รัพจาก Timer 1
- 6. EX1 ทำการอนุญาตและไม่อนุญาตการอินเทอร์รัพจาก ภายนอก 1
- 7. ET0 ทำการอนุญาตและไม่อนุญาตการอินเทอร์รัพจาก Timer 0
- 8. EX0 ทำการอนุญาตและไม่อนุญาตการอินเทอร์รัพจาก ภายนอก 0

3. Timer/Counter Control Register (TCON) อยู่ที่ตำแหน่ง 88H เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในควบคุมการประหยัดพลังงานโดยการทำงาน 2 โหมด คือใน Ideal mode และ Power down mode และยังใช้เพิ่ม Baud Rate เป็น 1 เท่า หรือ 2 เท่า โดยที่โหมด SMOD

- SMOD = 0 ความเร็ว Baud Rate เมื่อส่งข้อมูลอนุกรมโหมด 1,2,3 จะเป็น 1 เท่า
- SMOD = 1 ความเร็ว Baud Rate เมื่อส่งข้อมูลอนุกรมโหมด 1,2,3 จะเป็น 2 เท่า

( MSB )				( LSB )			
TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

**รูปที่ 2.16 แสดงหน้าที่การทำงานของแต่ละบิตในรีจิสเตอร์ TCON**

รายละเอียดภายในรีจิสเตอร์ TCON ( Timer / Counter Control ) ในแต่ละบิต

- 1. TF1 เป็นโอเวอร์โฟลล์แฟลคของ Timer 1
- 2. TR1 เป็นบิตควบคุมการรันของ Timer 1
- 3. TF0 เป็นโอเวอร์โฟลล์แฟลคของ Timer 0
- 4. TR0 เป็นบิตควบคุมการรันของ Timer 0
- 5. IE1 เป็นบิตแสดงการอินเทอร์รัพที่ 1
- 6. IT1 เป็นบิตควบคุมการอินเทอร์รัพภายนอก 1
- 7. IE0 เป็นบิตแสดงการอินเทอร์รัพที่ 0
- 8. IT0 เป็นบิตควบคุมการอินเทอร์รัพภายนอก 0

จากตัวรีจิสเตอร์ทั้ง 3 ตัวเราสามารถที่จะแสดงโครงสร้างที่อยู่ภายในของแต่ละบิตของแต่ละรีจิสเตอร์ได้สามารถทำให้เราทราบการกำหนดค่าของแต่ละบิต ในการที่เราจะกำหนดการทำงาน

### 2.12 TIMER / COUNTER

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีตัวรีจิสเตอร์ชนิดพิเศษที่มีความสามารถที่จะเลือกเลือกใช้งานเป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ได้อย่างใดอย่างหนึ่งมีอยู่ด้วยกัน 2 ตัวคือไทม์เมอร์ 0 และ ไทม์เมอร์ 1 แต่ละตัวเป็นแบบ 16 บิต ไทม์เมอร์ 0 ประกอบด้วย TLO , TH0 โดยที่ไทม์เมอร์ 1 ประกอบด้วย TL1 , TH1 ( ใน MCS-51 เบอร์ 8052 , 8053 จะมีตัวไทม์เมอร์จำนวน 2 ตัว ในการกำหนดการทำงานของไทม์เมอร์ 0 และไทม์เมอร์ 1 ไทม์เมอร์ 0 และ ไทม์เมอร์ 1 มันจะสามารถที่จะเลือกให้มีการเป็น ไทม์เมอร์ หรือ เคาน์เตอร์ได้อย่างใดอย่างหนึ่ง โหมดไทม์เมอร์ค่าในรีจิสเตอร์จะถูกเพิ่มค่าทุกๆ แมกซ์ซิมัซเคิล (1/12 คาบเวลาของ OSC) ตัวรีจิสเตอร์จะถูกเพิ่มค่าทีละหนึ่ง เมื่อมีการเปลี่ยนสถานะซึ่งตรวจจับได้จากขา T0 , T1 อยู่ที่ขา 14 และ 15 ตามลำดับ แล้วแต่จะไปเลือกสามารถเลือกได้โดยกำหนดค่าบิต C / T ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TMOD Timer/Counter Mode Register ( TMOD ) อยู่ใน SFR ตำแหน่งที่ ( 89H )

- เมื่อบิต TR<sub>x</sub> ( ใน TMOD ) ถูกเซ็ทไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์จะเริ่ม RUN ก็ต่อเมื่อ
  1. เมื่อขา INTO หรือ INT1 ( ขา 12 และ 13 ) ถูกป้อนด้วย High
  2. เมื่อใช้คำสั่งเซ็ทบิต GATE ใน TCON แล้ว

( MSB )				( LSB )			
GATE	C / T	M1	M0	GATE	C / T	M1	M0

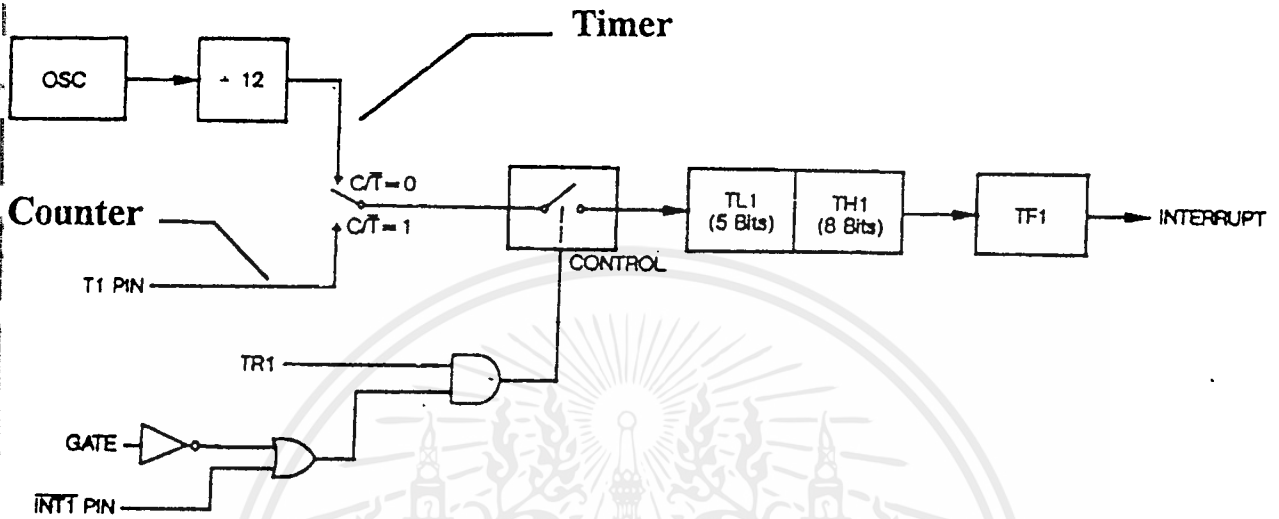
รูปที่ 2.17 แสดงหน้าที่การทำงานของรีจิสเตอร์ TMOD

รายละเอียดภายในรีจิสเตอร์ TMOD ( Timer / Counter Mode ) ในแต่ละบิต

1. Gate เป็นบิตควบคุม Gate มาควบคุมการทำงานของ Timer / Counter
2. C / T เป็นบิตที่ใช้เลือกการทำงานเป็น Timer / Counter
3. M0 , M1 เป็นบิตเลือกโหมดการทำงานของ Timer / Counter

- TIMER MODE ( Timer Counter Register ) จะเพิ่มค่าขึ้น 1 ครั้งทุกๆ ครั้งใน 1 Machine Cycle ( 1/12 คาบเวลา OSC ) ในโหมดนี้ต้องโปรแกรมให้โปรแกรมบิต C / T ส่วนการสั่งให้ Counter เริ่มนับจะควบคุมที่ TR<sub>x</sub> , GATE , INT<sub>x</sub> ( โดยที่ x คือ 0,1หากว่าเป็นศูนย์ หมายถึงว่า channel 0, ถ้าเป็น 1 หมายถึง channel 1 ) โดยจะต้องทำการเซต 1 ที่ C / T จะเป็นการทำ

งานที่โหมด Counter แต่หากว่าเซต 0 จะเป็นการทำงานในโหมด Timer ดังนั้นการทำงานจึงขึ้นอยู่กับว่าจะเซตการทำงานในโหมดการทำงานแบบใด



รูปที่ 2.19 เมื่อโปรแกรมให้ทำงานในโหมด Timer

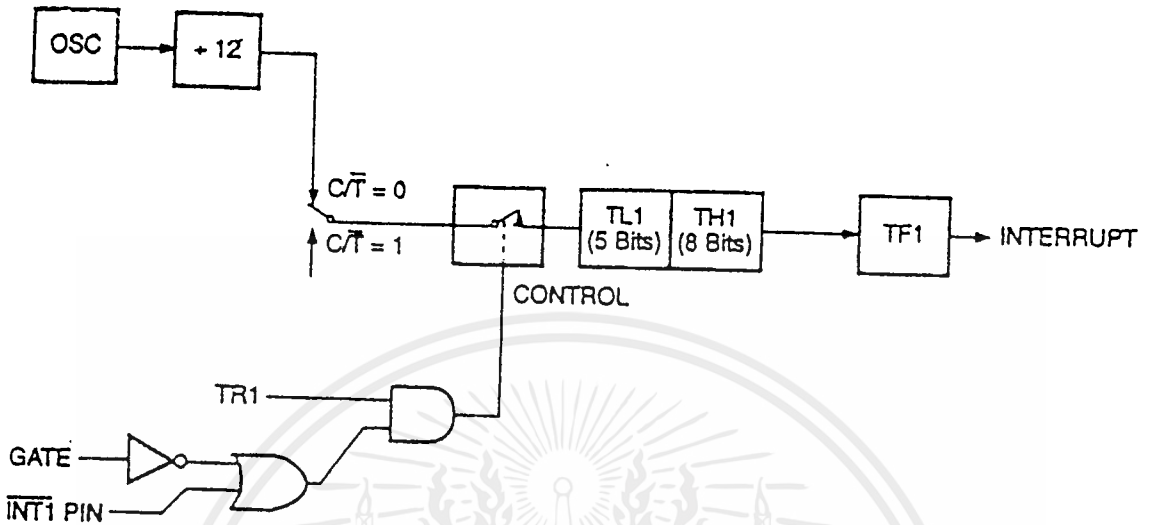
การควบคุมการทำงานสร้าง OSC มีความถี่ 12 MHz ถูกหารด้วย 12 แล้วจะเหลือแค่ 1 MHz ซึ่งตรงกับค่าคาบเวลาใน 1 Machine Cycle พอดี ( ใน 1 Machine Cycle จะต้องใช้ที่จำนวน 12 คาบเวลา CPU Oscillator ) ดังนั้นจึงถือได้ว่าเป็นการนับ Machine Cycle ได้มีตัวสัญญาณนี้จะผ่านได้ก็ต่อเมื่อมีการโปรแกรมบิต C / T = 0 ในรีจิสเตอร์ TCON ดังในรูป โดยที่ตัวสัญญาณนี้ผ่านไปยัง Switch ตัวที่ 2 ที่นำไปควบคุมด้วยเอ้าท์พุท ANDgate ถ้าหากเอาท์พุทที่ตัว And gate เป็นหนึ่ง Switch ก็จะมี On ให้สัญญาณผ่านเข้าไปยัง Counter ได้ ดังนั้นถ้าจะโปรแกรมให้บิต GATE ใน TMOD เป็น "0" เอาท์พุทของ OR-gate ก็จะเป็น "1" ส่งเข้าอินพุทของที่ตัว AND gate ดังนั้นในตอนนี้นักบิต TRx เป็น 1 ก็จะทำให้ Switch ตัวที่ 2 On ได้เราจึงเรียกการทำให้แบบนี้ว่า software Start การ Start อีกแบบหนึ่งคือ Hardware Start โดยจะต้องกระตุ้นสัญญาณจากภายนอกเข้ามาที่ขา INTx Pin ขานี้มีอยู่ 2 ขาคือ ขา INT0 และ INT1 จะอยู่ที่ตัวพอร์ท P3.2 และ P3.3 จะมีตัวสัญญาณที่จะมากระตุ้นนั้นต้องเป็น 1 โดยจะต้องเตรียมตัวก่อนหน้านี้นี้ดังนี้

$$TRx = 1 \text{ และ } GATEx = 1$$

ในการนับนี้ Timer Counter Register ขึ้น 1 ครั้ง ทุกๆ 1 Machine Cycle โดยที่ในโหมดนี้ต้องโปรแกรมให้ C / T โดยที่ให้ T = 0

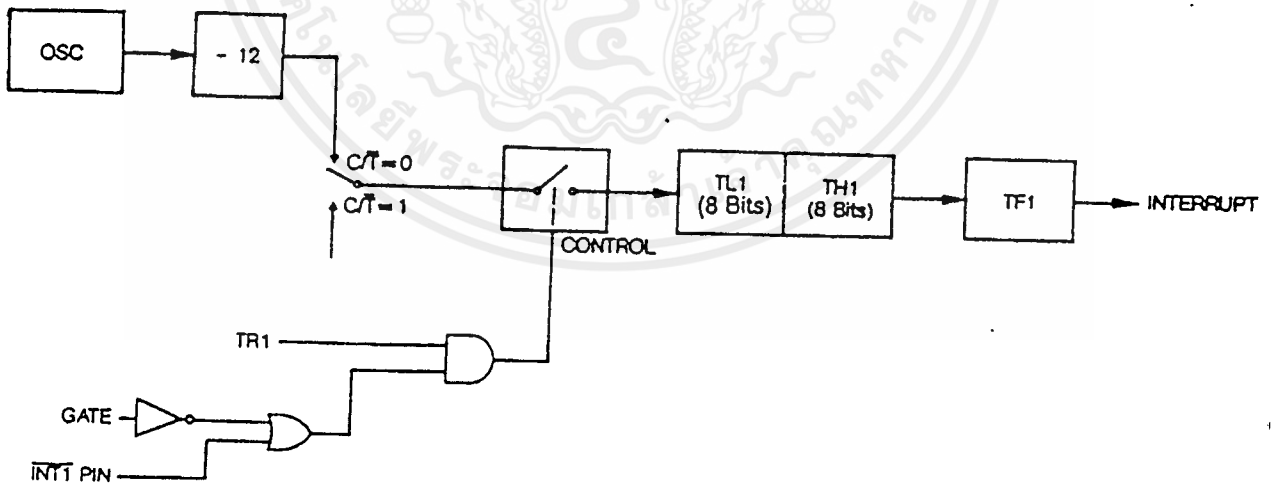
Timer mode มีโหมดการทำงานที่จะแบ่งได้เป็น 4 โหมด ดังนี้

1. Timer (Mode 0) 13-bit timer โหมดนี้จะนับได้สูงสุดเท่ากับ  $2^{13}$



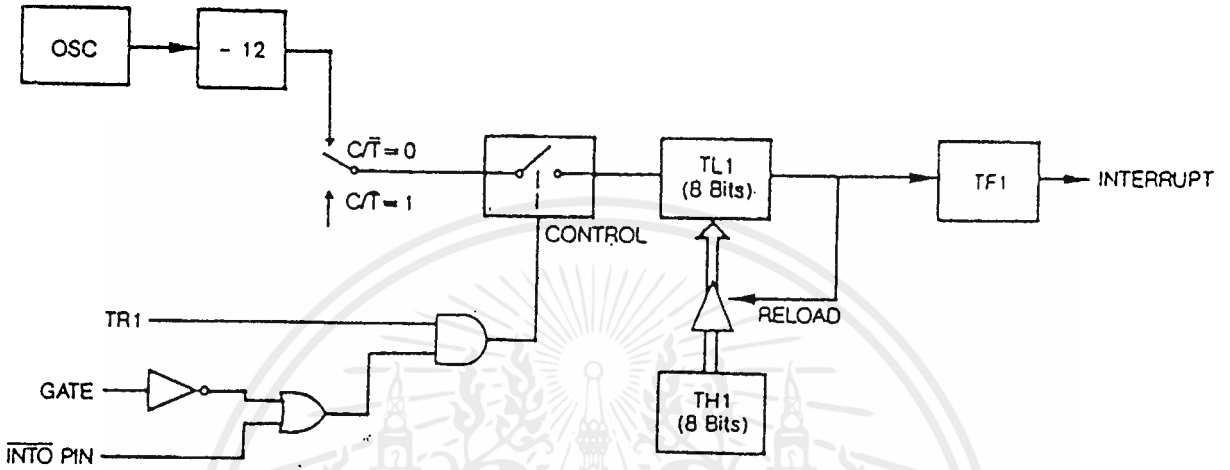
รูปที่ 2.20 Timer (Mode 0) 13-bit timer

2. Timer (Mode 1) 16-bit Timer ในโหมดนี้การทำงานเหมือนโหมด 0 แต่จะต่างกันที่รีจิสเตอร์เป็นแบบ 16 บิต



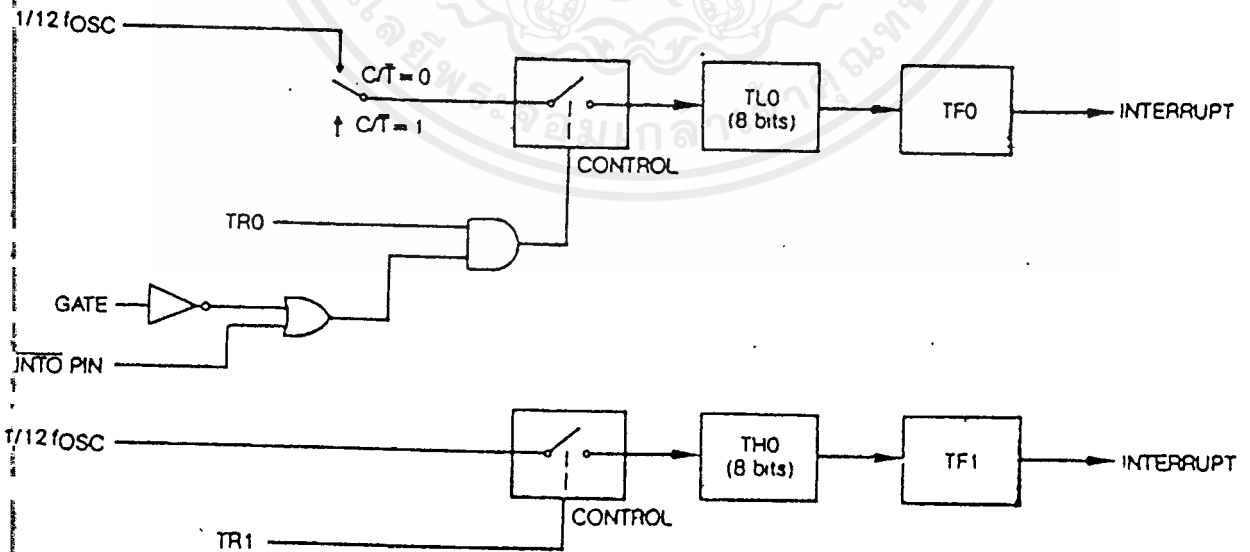
รูปที่ 2.21 Timer (Mode 1) 16 bit Timer

3. Timer (Mode 2) 8-bit Auto Reload ในโหมดนี้จะใช้ รีจิสเตอร์ TLO หรือ TL1 ส่วนอีกค่าที่จะโหลดเข้ามาจะต้องเก็บไว้ก่อนใน TH0 หรือ TH1 ค่านี้จะถูกโหลดเข้า TLO, TL1 โดยอัตโนมัติเมื่อเกิดโอเวอร์โฟลว์



รูปที่ 2.22 Timer ( Mode 2 ) 8 Bit Timer Auto Reload

4. Timer (Mode 3) ในโหมดนี้จะใช้ TLO ไปทำงานทั้งในโหมด Counter และ Timer เมื่อเกิดโอเวอร์โฟลว์จะเซ็ที่ TF0 ส่วน TH0 ทำงานโหมด Counter

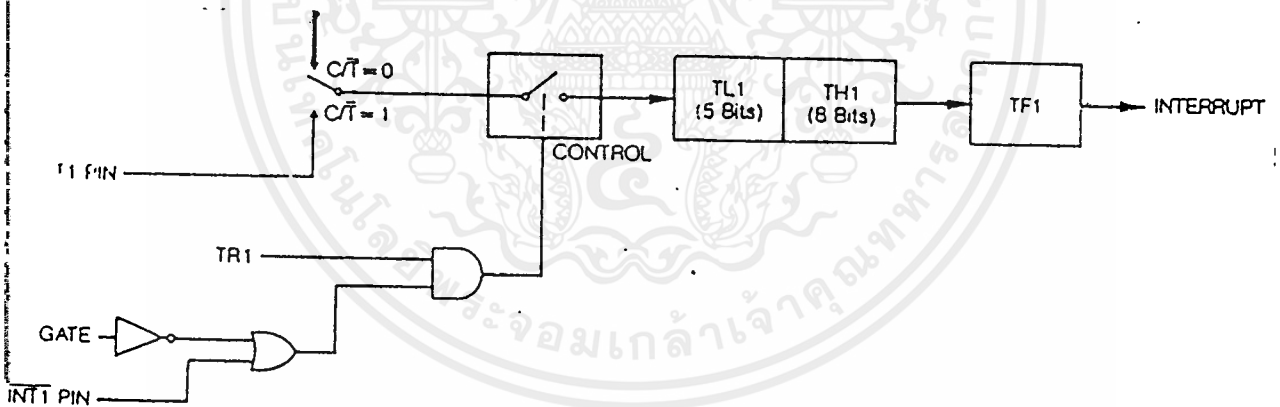


รูปที่ 2.23 Timer ( Mode 3 )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

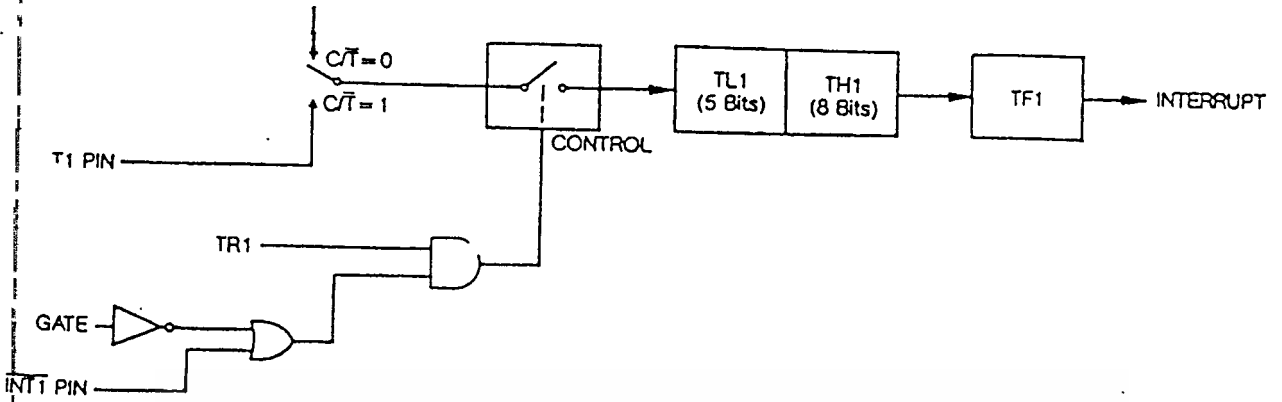
Counter Mode อินพุทของ Counter Mode จะเข้ามาทางขา T0, T1 ซึ่ง พอร์ท 3 บิต 4 และ บิต 5 ตามลำดับซึ่งตรงกับขา 14 และ 15 การเลือกโหมดนี้จะต้องโปรแกรมบิต C/T=1 เพื่อเข้าสู่โหมด Counter ผังการทำงานดังแสดงในรูป 2.24

1. Counter (Mode 0) โหมดนี้ตัว Counter จะมีใช้เพียง 13 บิต คือ TH0 = 8 บิต และ TL0 = 5 บิต โดย TL0 นับได้สูงสุดเพียง  $32_{10}$  เท่านั้น
2. Counter (Mode 1) 16 bit Counter มีการทำงานที่เหมือน( Mode 0 ) ต่างกันที่ Counter เป็น 16 บิต โดยแบ่งเป็น TL1 = 8 บิต ค่าสูงสุดที่นับได้คือ  $(256)(256) = 6553_{10}$
3. Counter ( Mode 2 ) 8 bit Auto Reload\_ โหมดนี้จะใช้ Counter TH1 เป็นตัวนับนับได้เพียง 8 บิตเวลาไหลดค่านับจะไปต้องไหลดเข้า TH1 เท่านั้น โดยที่จะไหลดเข้าได้เพียงครั้งเดียว เมื่อนับครบก็จะเกิดโอเวอร์โฟลว์ทำให้ TF1 ถูกเซ็ท หลังจากนั้นค่าใน TH1 ก็จะถูกไหลดเข้า TL1 อย่างอัตโนมัติ
4. Counter ( Mode 3 ) 8 bit Counter ในโหมดนี้ใช้ TF0 ไปเป็นแฟลกซ์ของ TL0 ซึ่งเป็น Counter 8 บิต

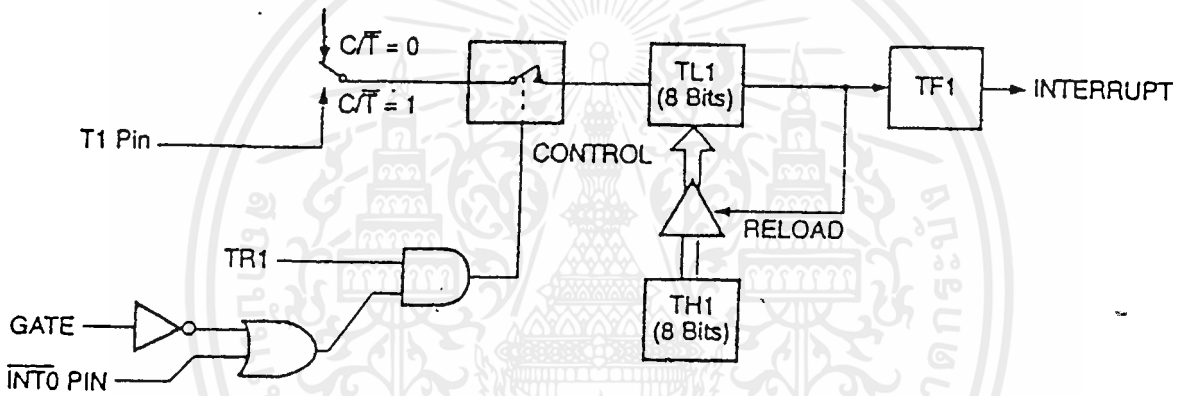


รูปที่ 2.24 ผังการทำงานของ Counter Mode

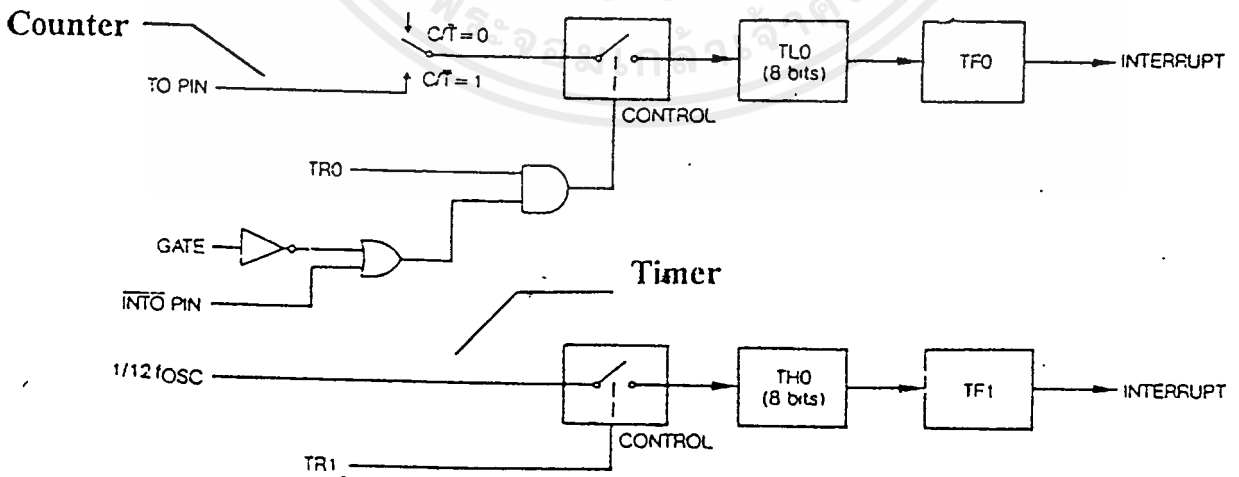
จากผังการทำงานในโหมด Counter จะเห็นว่าเราต้องเลือกให้บิต C/T ให้ C = 1 เพื่อให้ทำงานในโหมด Counter และทำการป้อนอินพุตเข้ามาทาง T1 จากนั้นจะต้องไปทำการเซตบิตที่ทำหน้าที่ในการควบคุมการนับในรีจิสเตอร์ TCON ในบิต GATE กับ TR1 และจะต้องทำการต่ออินพุตเข้ามาที่ขา INT1 ด้วย



รูปที่ 2.25 การทำงานของ Counter 1 (Mode 0)



รูปที่ 2.26 การทำงานของ Counter 1 (Mode 2)



รูปที่ 2.27 Counter 0 ( Mode 3 )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.13 การใช้งานของพอร์ทอนุกรม

- การสื่อสารข้อมูลอนุกรม มักจะเป็นการรับหรือส่งข้อมูลในลักษณะกลุ่มของ บิตคราวละหนึ่งบิตเรียงลำดับเรื่อยไปจนสิ้นสุด ในการสื่อสารแบบนี้มักจะมีข้อแตกต่างจากการสื่อสารแบบขนานเป็นอย่างมาก เนื่องจากข้อมูลมีการโอนย้ายมาพร้อมกันจึงมีความจำเป็นที่จะต้อง ใช้เส้นสัญญาณมากขึ้นตามจำนวนบิตของข้อมูลด้วย ในขณะที่การสื่อสารแบบอนุกรมนั้นจะต้อง การเส้นสัญญาณเพียงสองหรือสามเส้นเท่านั้น ดังนั้นการสื่อสารแบบขนานจึงไม่เหมาะสมที่จะนำไป ในการสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกเป็นระยะทางไกลๆ เพราะจะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก

- ความเร็วของการสื่อสารข้อมูลอนุกรม เนื่องจากในการสื่อสารแบบอนุกรม เป็นการรับ / ส่งข้อมูลในลักษณะกลุ่มของบิตข้อมูล ( Bit Stream ) ดังนั้นจะต้องให้ความสนใจ ในการที่จะพิจารณาถึงเรื่องอัตราความเร็วในการรับ / ส่งบิตเหล่านี้เป็นลำดับแรก โดยทั่วไปมักจะระบุ กันอยู่ในหน่วยของจำนวนบิตของข้อมูล ภายในเวลาหนึ่งวินาทีเรียกว่า ค่าอัตราบอดตามค่า มาตรฐานเหล่านี้ได้แก่ 110, 150, 300, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200 บอดข้อมูลทั้ง 8 บิตนี้ หากว่าถูกส่งออกไปด้วยอัตรา 2400 บอดจะใช้เวลาในการส่งข้อมูลหนึ่งบิตมีค่าเท่ากับ  $1/2400$  หรือ  $416\mu\text{s}$  ดังนั้นเวลาในการส่งข้อมูลทั้ง 8 บิตมีค่าเท่ากับ  $(8 \times 416)$  หรือ  $3328\mu\text{s}$

- รูปแบบของการส่งข้อมูลอนุกรม ในการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัสนั้น จะใช้การแปลงข้อมูลขนานให้เป็นอนุกรมก่อน แล้วจึงจะเพิ่มเติมบิตบางอย่างรวมไปกับการส่ง ข้อมูลจริงซึ่งได้แก่

1. บิตเริ่มต้น ( Start bit ) บิตเริ่มต้นมีหน้าที่สำหรับการใช้บ่งบอกให้ทราบถึง ค่าของตำแหน่งจุดเริ่มต้นก่อน โดยที่บิตข้อมูลตามปกแล้วค่าของบิตเริ่มต้นนั้นจะเป็นระดับโลจิกที่มีค่าต่ำ

2. บิตแสดงภาวะความเป็นเลขคู่หรือเลขคี่ ( Parity Bit ) บิตนี้จะมีหน้าที่ในการเพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล โดยทั่วไปมักจะเรียกว่า บิตพาริตี และจะมักนำไป ใช้ต่อท้ายบิตข้อมูล ค่าของบิตนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนค่าของบิตที่เป็น 1 ซึ่งจะเป็นได้สองลักษณะคือ พาริตีคู่หรือ (Even Parity) หรือพาริตีคี่ (Odd Parity) ตัวอย่างเช่นระบบติดต่อกันโดยระบุ พาริตี คี่ทางด้านส่งจะนำค่าข้อมูลที่จะส่งมาพิจารณาหาจำนวนของบิตที่มีค่า 1 เป็นเลขคี่อยู่แล้วค่าของ บิตพาริตีจะมีค่าเป็น 0 แต่หากว่าจำนวนของบิตที่มีค่าเป็น 1 เป็นเลขจำนวนคี่ค่าของบิตพาริตีก็จะมีค่าเป็น 1 ในการที่จะพิจารณาทางด้านรับจะเป็นการตรวจสอบจำนวนบิตที่มีค่า 1 ของข้อมูลที่จะ ได้รับมาทั้งหมดรวมทั้งบิตพาริตี ถ้ามีค่าเป็นเลขจำนวนคี่แสดงว่าข้อมูลที่รับเข้ามานี้ถูกต้องแต่ว่า หากไม่เป็นเลขจำนวนคู่แสดงว่าเกิดการผิดพลาดของข้อมูลขึ้นเป็นต้น

3. บิตสุดท้าย (Stop Bit)บิตสุดท้ายเป็นบิตที่เพิ่มขึ้นเพื่อระบุถึงขอบเขตการสิ้นสุดของกลุ่มบิตข้อมูลบิตสุดท้ายนี้ สามารถที่จะโปรแกรมบิตได้คือ 1 บิต และ 2 บิต ดังนั้นกรณีของการส่งข้อมูล 8 บิตหากว่าข้อมูลถูกส่งออกไปด้วยอัตราเร็ว 2400 บิตต่อวินาทีโดยรวมในการส่งข้อมูลหนึ่งไบต์จะมีค่าเป็น  $(12 \times 416)$  uS หรือ 4.99ms

- การส่งข้อมูลอนุกรมของ 8051 พอร์ตอนุกรมของ 8051จะมีโครงสร้างในการทำงานในแบบที่เรียกว่า ฟูลดูเพล็กซ์ ( Full Duplex ) ที่ในการรับและส่งข้อมูลอนุกรมทำได้ในเวลาเดียวกัน โดยที่ทางด้านวงจรถงตัวส่ง (Transmitter) ประกอบด้วยข้อมูลออกไปพอร์ตอนุกรมทางขาสัญญาณ TXD ( พอร์ต 3.1 ) ส่วนวงจรถงตัวรับ ( Receiver ) ประกอบด้วย SBUFเช่นเดียวกันสัญญาณข้อมูลอนุกรมที่จะรับเข้ามาทางขาสัญญาณ RXD ( พอร์ต 3.0 ) พอร์ตอนุกรมของตัวไมโคร 8051นั้น สามารถ โปรแกรมการทำงานได้หลายโหมดด้วยกัน โดยการเลือกที่บิต SMO และบิต SM1ที่อยู่ในตัวรีจิสเตอร์ควบคุม SCON การทำงานทั้ง 4 โหมดของพอร์ตอนุกรมมีดังนี้

โหมด 0 ใช้รับส่งข้อมูล 8 บิต โดยการส่งจะเลื่อนออกทีละบิต โดยส่งบิตที่ D0 ออกไปก่อนทางขา RXD และไม่มีการส่ง start bit แต่จะส่ง shift clock ทางขา TXD ความเร็วที่ 1/12 เท่ากับ CPU CLOCK

โหมด 1 ใช้สำหรับการทำงานในแบบ UART(Universal Asynchronous Receiver/Transmitter ) โดยส่งแบบข้อมูล 8 บิต 1 start bit และ 1 stop bit และสามารถเปลี่ยนแปลงอัตราความเร็วในการส่งข้อมูลได้ โดยจะขึ้นอยู่กับการตั้งที่บิต SMOD ใน PCON และอัตราโอเวอร์โฟลว์ของ Timer 1

โหมด 2: ใช้สำหรับการเชื่อมต่ออนุกรมในแบบ UART โดยการใช้กลุ่มข้อมูลแบบ 11บิตและจะค่ากำหนดอัตราความเร็วในการส่งข้อมูลให้เท่ากับ 1/32 และ 1/64 ของ CPU CLOCK โดยเราจะโปรแกรมที่บิต SMOD ใน PCON

โหมด 3 ใช้สำหรับเชื่อมต่ออนุกรมแบบ UART โดยการใช้กลุ่มข้อมูลแบบ 11 บิต และสามารถเปลี่ยนแปลงอัตราความเร็วในการส่งข้อมูลได้ โดยควบคุมที่บิต SMOD และมีอัตราโอเวอร์โฟลว์ของ Timer นอกจากนี้ในโหมด 2 และในโหมด 3 ยังมีการดำเนินการอีกแบบหนึ่งโดยสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการสื่อสารข้อมูล ในแบบที่มีการนำเอาไมโครโปรเซสเซอร์หลาย ๆตัวมาทำงานกันได้ซึ่งเรียกว่า Multi Processor Mode ซึ่งเป็นการทำงานที่ใช้หลักการการทำงานร่วมกันในการส่งข้อมูลไปมาระหว่างกันเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการทำงาน อัน

จะเป็นการประยุกต์การใช้งาน ในแบบที่พิเศษชนิดหนึ่งที่สามารถที่จะกำจัดปัญหาของอัตราความ  
เร็วในการส่งข้อมูลของไมโครโปรเซสเซอร์ที่มีความเร็วที่ต่างกันได้

### 2.14 การอินเตอร์รัปต์

การอินเตอร์รัปต์ คือการขัดจังหวะโปรแกรมชั่วคราวแล้วไปทำโปรแกรมบริการ  
อินเตอร์รัปต์ ( Interrupt Service Routine ISR ) อินเตอร์รัปต์จาก Serial Port ไม่ว่าจะอินเตอร์  
รัปต์จากการส่งหรือการรับจะกระโดดไปยังแอดเดรส 0023H ดังรายละเอียดดังตารางที่ 2.2

การอินเตอร์รัปต์ ( INTERRUPT )	ตำแหน่งแอดเดรส การอินเตอร์รัปต์ปกติ	ค่าอินเด็กซ์ที่กำหนด ในการเชื่อมต่อ	ตำแหน่งแอดเดรสของ การอินเตอร์รัปต์ที่กำหนด
IE0	0003H	1	4003H
TF0	000BH	2	4006H
IE1	0013H	3	4009H
TF1	001BH	4	400CH
R1 + T1	0023H	5	400FH
TF2 + EXF2	002BH	6	4012H

ตารางที่ 2.2 แสดงตำแหน่งการอินเตอร์รัปต์

เราสามารถที่จะสั่งห้ามไม่ให้เกิดการขัดจังหวะทั้งหมดก็ได้เพียงแค่ไปรีเซ็ตบิตที่บิต  
EA ที่อยู่ใน Interrupt Enable Register ( IE ) ถ้าต้องการที่จะทำการ Enable การอินเตอร์รัปต์จาก  
อุปกรณ์ตัวไหนก็เพียงแค่ไปเซ็ทบิตของอุปกรณ์ตัวนั้นไว้

#### ความหมายของสัญลักษณ์

E = Enable หรือ External

T = Timer

0,1,2 = Channel 0 , Channel 1 , Channel 2

#### คำอธิบายความหมายในแต่ละบิตใน IE

- EA : 0 จะเป็นการห้ามอินเตอร์รัปต์ จากทุกแหล่ง
- 1 ยอมให้มีการอินเตอร์รัปต์ ทั้งหมดได้
- ET2 : 0 ห้ามอินเตอร์รัปต์จาก Timer 2
- 1 ยอมให้อินเตอร์รัปต์จาก Timer 2

ES	:	0	ห้ามอินเตอรัปต์จากพอร์ทอนุกรม
		1	ยอมให้อินเตอรัปต์จากพอร์ทอนุกรม
ET1	:	0	ห้ามอินเตอรัปต์จาก Timer 1
		1	ยอมให้ทำอินเตอรัปต์จาก Timer 1
EX1	:	0	ห้ามอินเตอรัปต์จากสัญญาณภายนอกชนิดที่ 1
		1	ยอมให้ทำอินเตอรัปต์จากสัญญาณภายนอกชนิดที่ 1
ET0	:	0	ห้ามอินเตอรัปต์จาก Timer 0
		1	ยอมให้ทำอินเตอรัปต์จาก Timer 0
EX0	:	0	ห้ามอินเตอรัปต์จากสัญญาณภายนอกชนิด 0
		1	ยอมให้ทำอินเตอรัปต์จากสัญญาณภายนอกชนิด 0

ขาที่รับอินเตอรัปต์จากภายนอกของ MCS-51 ก็คือขา EX0 และ EX1 ซึ่งจะมีวิธีในการตรวจสอบที่ขา INTO และ INT1 ตามลำดับดูจากในหัวข้อ Timer / Counter ประกอบโดยที่ในการอินเตอรัปต์ภายในของ MCS-51 จะดูได้จากตัว Timer 0, Timer 1 โดยที่จะทำการตรวจสอบที่บิต TF0 และ TF1 และในการอินเตอรัปต์จาก Serial Port เช็คได้ โดยทำการตรวจสอบ T1 และที่บิต R1 ได้ โดยที่ขา INTO และ INT1 จะสามารถที่จะใช้งานได้ 2 หน้าก็คือ

1. เมื่อทำอินเตอรัปต์จะเป็นขา External Interrupt
2. เมื่อไม่ทำอินเตอรัปต์ก็จะใช้ Start Timer / Counter หรือจะเรียกว่าการทำ

ใช้แบบ Hardware Start ในการขัดจังหวะของการอินเตอรัปต์นั้นเราสามารถที่จะกำหนดลำดับความของลำดับได้จาก Interrupt Priority Register (IP)

**คำอธิบายความหมายในแต่ละบิตใน (IP)**

PT2	:	0	Timer 2 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด
		1	Timer 2 มีลำดับความสำคัญสูงสุด
PS	:	0	พอร์ทสื่อสารอนุกรมมีลำดับความสำคัญต่ำสุด
		1	พอร์ทสื่อสารอนุกรมมีลำดับความสำคัญสูงสุด
PT1	:	0	Timer 1 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด
		1	Timer 1 มีลำดับความสำคัญสูงสุด
PT0	:	0	Timer 0 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด
		1	Timer 0 มีลำดับความสำคัญสูงสุด
PX0	:	0	อินเตอรัปต์ภายนอกชนิด 0 มีชนิดความสำคัญต่ำสุด

1 อินเทอร์เน็ตภายนอกชนิด 0 มีชนิดความสำคัญสูงสุด

ถ้าทุกบิตเป็น 1หมดจะไม่ได้ถือว่าทุกตัวมีลำดับความสำคัญสูงสุดเท่ากัน แม้ว่าเมื่อมีสัญญาณมาพร้อมกันจะต้องตัดสินใจตามตารางที่ 1 เราสามารถสรุปลักษณะของระบบการขัดจังหวะของ 8052 ในการเลือกลักษณะของการทริก ( Interrupt Type ) ไม่ได้อยู่ในรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการอินเทอร์เน็ต แต่ไปอยู่ในรีจิสเตอร์ TCON แทน ดังรายละเอียดดังนี้

1. Timer/Counter Register ( TCON ) จะอยู่ใน SFR ตำแหน่งที่ ( 088H ) ใช้ทำงานหลายหน้าที่ คือ

- TFx ใช้เป็นที่เก็บ Flag ของ Time 0,1
- TRx ใช้ Start Timer 0,1
- IEx ใช้เป็นที่เก็บ Flag ของสัญญาณอินเทอร์เน็ตภายนอกชนิด 0,1

บิต TF1 - บิตที่แสดงการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทม์เมอร์ 1 จะเซ็ทเมื่อไทม์เมอร์ 1 เกิดโอเวอร์โฟลว์และจะถูกเคลียร์เอง เมื่อซีพียูย้ายการไปที่โปรแกรมบริการอินเทอร์เน็ต

บิต TR1 - บิตควบคุมการนับของไทม์เมอร์ 1 ควบคุมจากโปรแกรมถ้าเป็น 1 ตัวไทม์เมอร์ 1 เริ่มทำงานต่อถ้าหากว่าเป็น 0 ไทม์เมอร์ 1 จะหยุดทำงาน ( กรณีนี้ต้องเซ็ทบิต GATE ใน TMOD ก่อน )

บิต TF0 - บิตแสดงการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทม์เมอร์ 0 ถูกเซ็ทเมื่อที่ไทม์เมอร์ 0 เกิดโอเวอร์โฟลว์ เช่นเดียวกับ TF1

บิต TR0 - เช่นเดียวกับ TR1 แต่ใช้ควบคุมไทม์เมอร์ 0

บิต IE1 - บิตแสดงสัญญาณอินเทอร์เน็ตภายนอกหมายเลข 1 เมื่อมีสัญญาณที่จะเข้ามาขออินเทอร์เน็ตเข้ามาที่ขา INT1 และเคลียร์ตัวเองโดยใช้คำสั่ง RETI ที่อยู่ในโปรแกรมส่วนบริการอินเทอร์เน็ต

บิต IT1 - บิตเลือกประเภทการตรวจสอบสัญญาณอินเทอร์เน็ตที่เข้ามาที่ขา INT1 โดยที่หากว่าเป็นโลจิก 1 จะทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของระดับสัญญาณจาก 1 เป็น 0 ที่ขา INT1 จะตรวจสอบระดับศูนย์ของสัญญาณที่ขา INT1

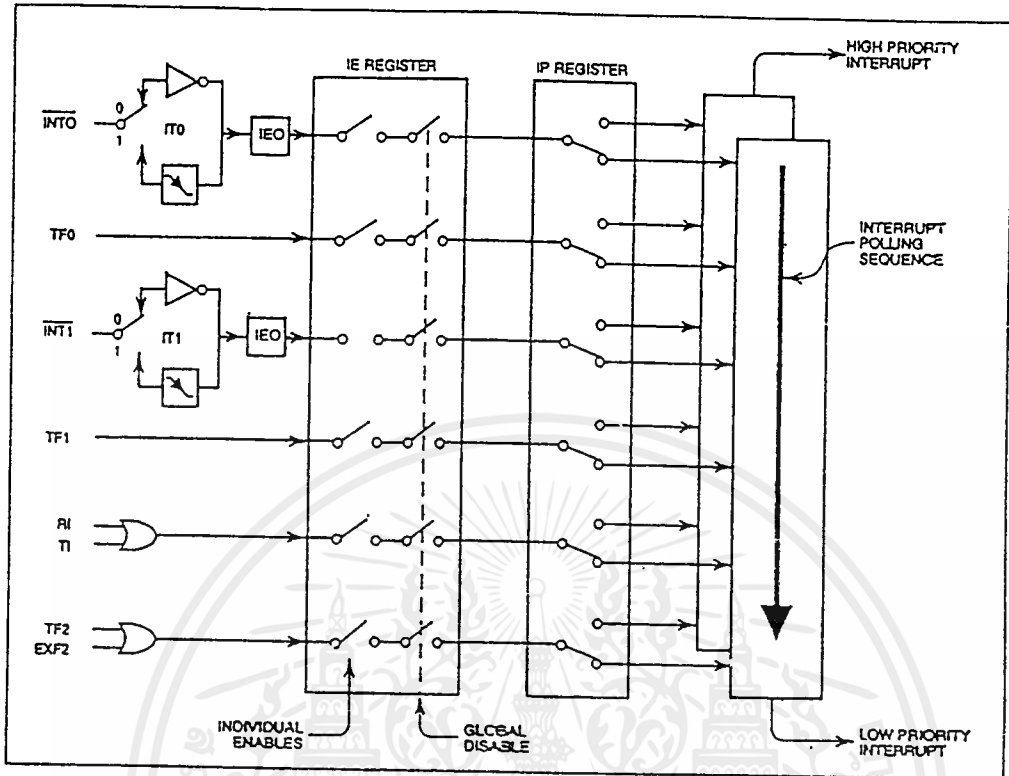
T หมายถึง Timer/Counter หรือ Type

R หมายถึง RUN

F หมายถึง Flag

E หมายถึง External

1,0 หมายถึง Channel หรือ Channel 1 บางที่ใช้คำว่า x เช่น TRx



รูปที่ 2.28 รายละเอียดของระบบขัดจังหวะของ 8051

### 2.15 การเขียนโปรแกรมหน่วงเวลาสำหรับ MCS-51

โปรแกรมในการหน่วงเวลาจะมีความจำเป็นอย่างยิ่งในงานต่างๆเช่นการ Scan ที่ตัว Keyboard and Display หรืออ่านอื่นๆ โดยที่ในการหน่วงเวลาอาจจะใช้วิธีวน Loop รอจนกว่าถึงเวลาที่ต้องการหรืออาจจะใช้อุปกรณ์พวก Timer ต่างๆ โดยที่โปรแกรมหน่วงเวลาจะมีเป็นไปได้ทั้งแบบ Loop เดียวและหลายๆ Loop มาซ้อนกัน

1. โปรแกรมย่อยหน่วงเวลาแบบ Loop เดียวจะใช้รีจิสเตอร์ตัวเดียวมาใช้เป็นตัวกำหนดค่าเริ่มต้นแล้วใช้วิธีลดค่าลงหนึ่งแล้วทำการตรวจสอบ ถ้าไม่เท่ากับศูนย์ให้ทำการลดค่าลงอีกครั้งทำการตรวจสอบใหม่จนกว่าที่ค่าในรีจิสเตอร์นั้นๆจะมีค่าเป็นศูนย์ในการปิดท้ายโปรแกรมย่อยหน่วงเวลาเราจำเป็นที่นี้จะใช้คำสั่ง RETURN (RET) เสมอดังตัวอย่างที่ 1

ตัวอย่างที่ 1 จงออกแบบโปรแกรมหน่วงเวลาที่สั้นที่สุด โดยใช้รีจิสเตอร์ R0 เมื่อกำหนดค่าของตัว MCS-51 RUN ที่ Speed 12 MHz

1 Machine Cycle จะใช้จำนวน Clock = 12 ลูก จะกินเวลาเท่ากับ 1  $\mu$ S

; subroutine for Delay Time Machine Cycle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น มิใช่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$$\begin{aligned} \text{รวม} &= [1] + [2][256] + [2] \\ \text{รวม} &= [515] \text{ Machine Cycle} \\ \text{รวมเวลา} &= 515 (1 \mu\text{S}) \\ \text{รวมเวลา} &= 515 \mu\text{S} \end{aligned}$$

**ตัวอย่างที่ 5** จากตัวอย่างที่ 4 ถ้า MCS-51 ที่ Speed 11.059 MHz จะหน่วงเวลาเท่าใด

- 1 Machine Cycle ใช้ CPU Clock เท่ากับ 12 ลูก

$$1 \text{ ลูกกินเวลา} = \frac{1}{(11.059)10^6} \mu\text{S}$$

$$\text{ดังนั้น 515 Machine Cycle จะกินเวลา} = 515[1.085 \mu\text{S}] = 558.75 \mu\text{S}$$

2. โปรแกรมหน่วงเวลาแบบ 2 Loop ในการที่จะค่าคิดเวลาที่หน่วงไปจะคิดจาก Loop ในคุณ Loop นอก ถ้ากำหนด R0 ทำงานใน Loop ในและ ให้ R1 ทำงานใน Loop นอก เราสามารถคำนวณหาเวลาที่หน่วงไปได้ดังตัวอย่างที่ 6

**ตัวอย่างที่ 6** ถ้า R0 = 03H , R1 = 02H จงเขียนโปรแกรมหน่วงเวลากำหนดให้ตัว MCS-51 RUN ที่ Speed 12 MHz เขียนโปรแกรมและคำนวณเวลาหน่วงที่ได้ ก่อนอื่นจะต้องเขียนโปรแกรมก่อน แล้วจึงนำมาคำนวณ

\*\*\*\*\*Subroutine Delay Time\*\*\*\*\*

		Machine Cycle
DELAY :	MOV R1,#02H	[1]
DEL2 :	MOV R0,#03H	[1]
DEL1 :	DJNZ R0, DEL1	[2]
	DJNZ R1, DEL2	[2]
	RET	[2]

จากโปรแกรมนำมาเขียนจำนวน Machine Cycle ตามการโฟลว์ของโปรแกรม

$$\text{รวม} = 1 + \{1+2+2+2\} + \{1+2+2+2+2\} + 2$$

$$\text{รวม} = 1 + \{1+3(2)+2\} + \{1+3(2)+2\} + 2$$

$$\text{รวม} = 1 + \{3+3(2)\} + \{3+3(2)\} + 2$$

$$\text{รวม} = 1+2\{3+3(2)\}+2\text{.....(1)}$$

ให้รีจิสเตอร์ R0 ณ จุดที่วน 3 รอบ

ให้แทนรีจิสเตอร์ R1 ณ จุดที่วน 2 รอบ

$$\text{รวม} = 1+R1+\{3+R0(2)\}+2$$

$$\text{รวม} = 3+R1\{3+R0(2)\}\text{.....(2)}$$

ให้แทน R1 = 03 ลงในสมการ 2

$$\text{รวม} = 3+2\{3+3(2)\}$$

$$\text{รวม} = 3+2(9)$$

รวม = 21 Machine Cycle ซึ่งตรงกับผลรวมในสมการที่ 1 แสดงว่าถูก

สรุป ดังนั้นเราสามารถนำสูตรสมการที่ 2 ไปใช้ได้เลยเมื่อ MCS-51 RUN ที่ค่า Speed 12 MHz จะหน่วงเวลาในโปรแกรมนี้เท่ากับ

$$\text{เวลาที่หน่วงไป} = 21 (1 \mu\text{S}) = 21 \mu\text{S}$$

### 2.16 ไทม์เมอร์ไอซีเบอร์ 555

ไอซีเบอร์ 555เป็นไทม์เมอร์ไอซีที่มีลักษณะวงจรถูกบรรจุเป็นชิปโมโนลิธิค ( Monolithic Integrated Circuits ) ซึ่งภายในเป็นวงจรรวมมิงค์นั้น ตัวไอซีเบอร์นี้อาจจะถูกเก็บบรรจุเป็นไว้ในตัวกระป๋องโลหะแบบ TO-99 ที่มี 8 ขาหรืออาจจะเป็นแบบชนิดพลาสติกเคส (Plastic case) ที่ทำเป็นที่เป็นแบบ DIP ( Dual Inline Package ) มี 8 ขา หรือ 14 ขาก็ได้ โดยที่บริษัทแรกที่ได้ทำผลิตไทม์เมอร์ไอซีเบอร์ 555 นี้ได้แก่บริษัทซิกเนติกส์ ( Signetics ) ซึ่งสัญลักษณ์ SE 555 และ NE555 ต่อมาได้มีบริษัทอื่นๆผลิตออกมาจำหน่ายซึ่งใช้เบอร์และสัญลักษณ์ต่างๆกัน ดังสรุปไว้ในตาราง

เมื่อไม่นานมานี้เองได้มีบริษัทผู้ผลิตหลายบริษัทผลิตไทม์เมอร์ไอซีนี้ออกมา โดยทำการเก็บบรรจุไทม์เมอร์ไอซี 2 ชุดอยู่ภายในไอซีเพียงตัวเดียวซึ่งมีลักษณะภายนอกเป็นแบบ DIP ชนิด 14 ขาแล้วเรียกชื่อใหม่ว่า 'ดวลไทม์เมอร์' (dual timer) โดยใช้เบอร์ใหม่เป็น 555อย่างไรก็ดีบริษัท Teledyne ได้ผลิตดวลไทม์เมอร์ไอซีเบอร์นี้ออกมาและได้ใช้สัญลักษณ์ตัวใหม่ว่า D555

จากตารางที่ 2.3 จะเห็นว่าบริษัทผู้ผลิตส่วนใหญ่ที่ผลิตไทม์เมอร์ไอซีเบอร์นี้ออกมา 2 ชนิดด้วยกันซึ่ง ชนิดแรกหมายถึง ไทม์เมอร์ไอซีเบอร์ 555 ที่เหมาะจะนำไปใช้งาน ในวงการทหารซึ่งมีคุณสมบัติสูงเป็นพิเศษเหนือกว่าอีกชนิดหนึ่งซึ่งเป็นแบบธรรมดาและวางขายกันในท้องตลาดโดยทั่วไป

ชื่อบริษัทผู้ผลิต	สัญลักษณ์และเบอร์ที่ใช้
Exar Integrated System	XR - 555
Fairchild	NE 555
Intersil , Inc .	SE 555 / NE 555
Lithic Systems	LC 555
Motorora	MC 14555 / M 1555
National Semiconductor	LM 555 / LM 555 C
Raytheon	RM 555 / RC 555
Texas Instrumment	SN 52555 / SN 72555
RCA	CA 555 / CA 555 C

### ตารางที่ 2.3 แสดงบริษัทต่างๆที่เป็นผู้ผลิตไอซีเบอร์ 555

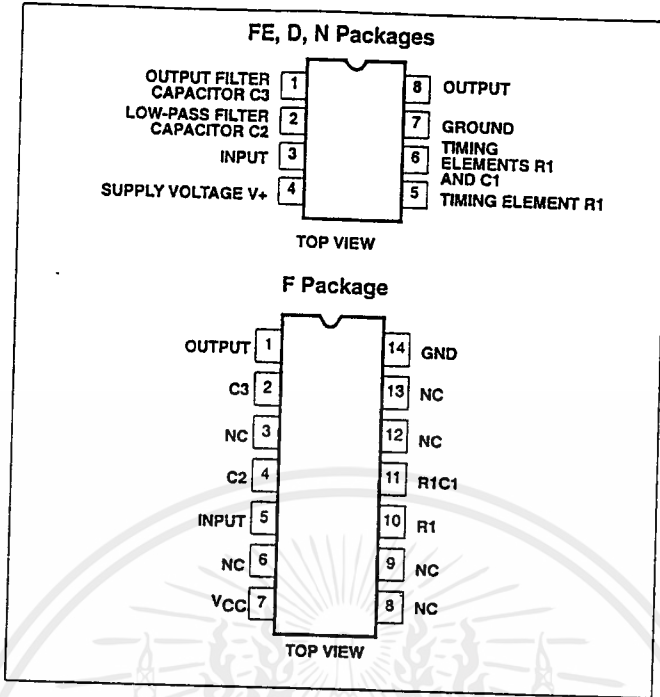
#### 2.17 ลักษณะภายในของไอซีเบอร์เบอร์ 555

ภายในไมโครเมอร์ไอซีเบอร์นี้จะประกอบด้วยทรานซิสเตอร์กว่า 20 ตัว และใช้ตัวต้านทานราว 15 ตัวและใช้ไดโอด 2 ตัวทั้งนี้อาจจะเปลี่ยนแปลงได้แล้ว แต่บริษัทผู้ผลิตไอซีเบอร์นี้สามารถถูกพิจารณาให้ง่ายขึ้น โดยแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆเช่นส่วนที่ทำหน้าควบคุม ( function of control ) และส่วนทริกเกอร์ ( triggering ) ส่วนที่ ( evelsensing or comparison ) ส่วนที่ทำหน้าที่ในการคายประจุ (discharge) และส่วนขยายกำลังที่เอาต์พุท ( Power Output ) ที่มีหน้าที่ในการทำงานร่วมกัน

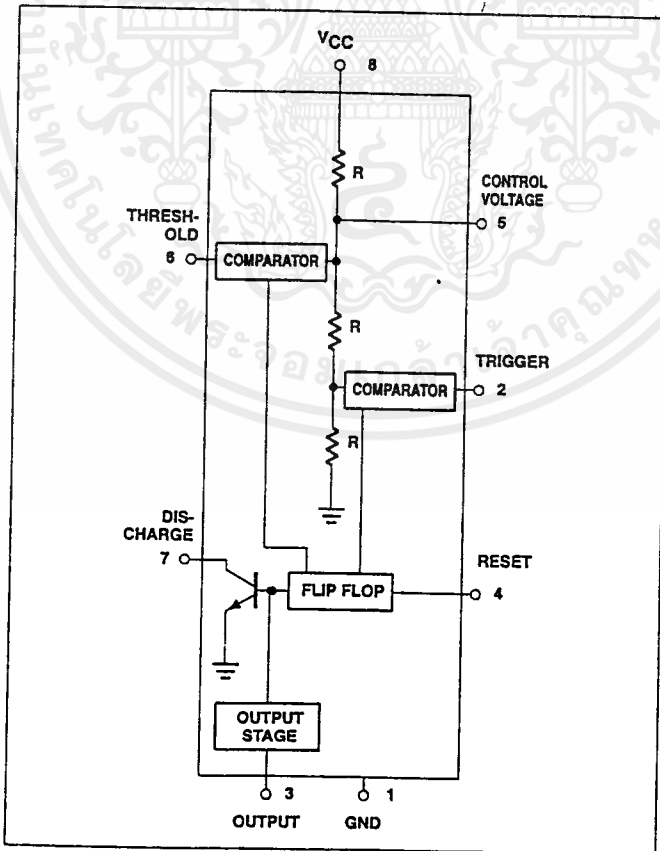
#### 2.18 วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ( Astable multivibrator )

เราอาศัยทฤษฎีและหลักการทำงานของวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์หรือที่เราเรียกว่าวงจร Square - Wave Clock ซึ่งนำมาประกอบขึ้นเป็นไมโครเมอร์เบอร์ 555 ดังที่แสดงไว้ในวงจรรูปที่ 3.4

### PIN CONFIGURATIONS

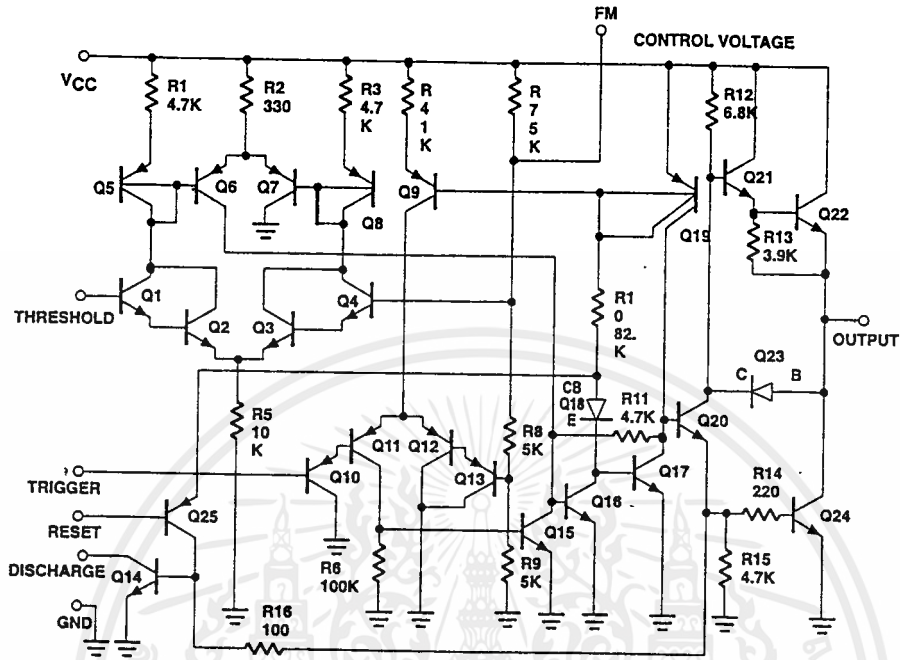


รูปที่ 2.29 แสดงขาต่างๆของ ไอที 555

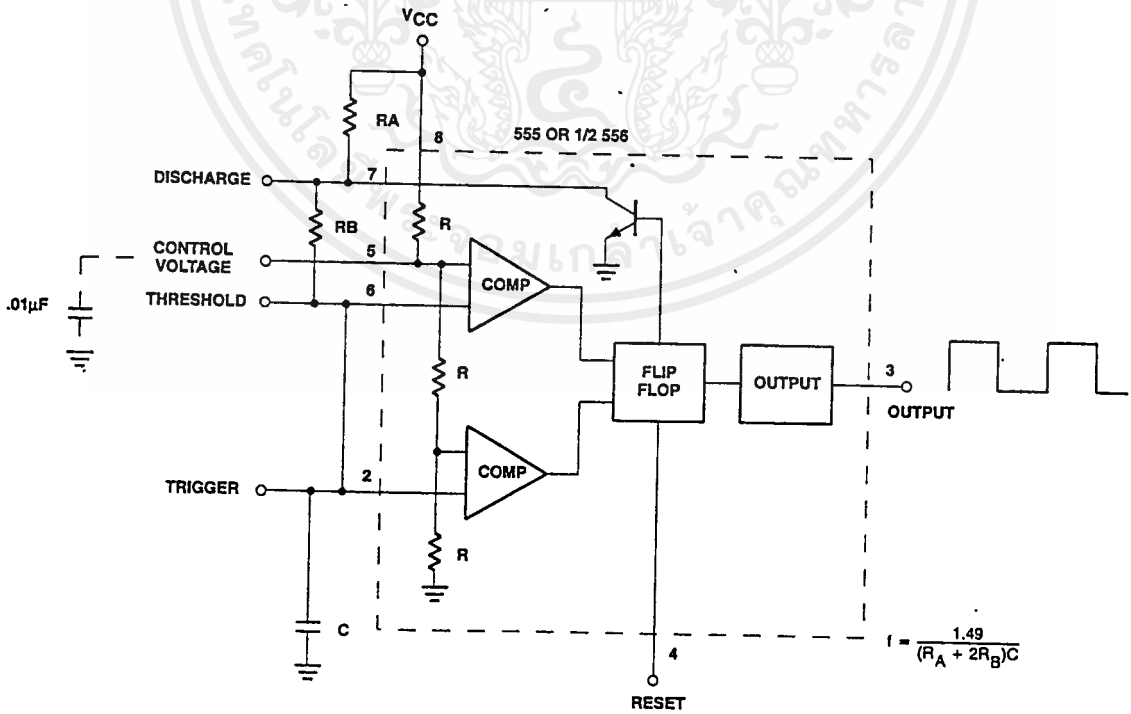


รูปที่ 2.30 Block Diagram ของไอที 555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.31 แสดงวงจรเสมือนของไอซี 555



รูป 2.32 แสดงวงจรอะอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ซึ่งประกอบขึ้นจากไอซีเบอร์ 555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การทำงานของวงจร

จากรูปที่ 2.32 ตัวต้านทาน  $R_u$  และ  $R_o$  ทำหน้าที่เป็น timing resistor เมื่อวงจรได้รับแรงดันไบอัสจากแหล่งจ่ายกำลังตัวเก็บประจุ  $C$  ซึ่งทำหน้าที่เป็น timing capacitor ก็จะสะสมประจุผ่านตัวความต้านทาน  $R_u$  และ  $R_o$  และจนกระทั่งเมื่อแรงดันที่ตกคร่อมมีค่าเป็น 2V จะทำให้วงจร Upper comparator กระตุ้นวงจรถับกลับซึ่งอยู่ภายในตัวไอซีและจะมีผลให้ ตัวเก็บประจุ  $C$  เริ่มคายประจุผ่านตัวความต้านทาน  $R_o$  แรงดันที่ตกคร่อมตัว  $C$  ก็จะลดลงและเมื่อมีค่าเหลือเป็น 1 ส่วน 3 ส่วน ของ  $V_{cc}$  แล้ววงจร lower comparator ในไอซีก็จะถูกกระตุ้นและในเริ่มการทำงานของวงจรใหม่อีกครั้งหนึ่งและ ตัวเก็บประจุ  $C$  ก็จะทำการประจุและคายประจุสลับกันไปอย่างสม่ำเสมอทำให้แรงดันตกคร่อมตัว  $C$  มีค่าระหว่าง 2 ใน 3 ของ  $V_{cc}$  และ 1 ใน 3 ของ  $V_{cc}$  ตามลำดับ ค่าศักย์ดาที่เอาต์พุตของวงจรมีค่าสูงในขณะที่ตัว  $C$  ทำการเก็บประจุซึ่งถ้าให้  $t_1$  คือ ช่วงเวลาที่เอาต์พุตมีศักย์ดาที่สูงดังนั้น

$$T1 = 0.693 (R_u + R_o) C \quad \text{วินาที}$$

และศักย์ดาที่เอาต์พุตจะมีค่าต่ำในขณะที่ตัว  $C$  ทำการคายประจุซึ่งถ้าให้  $t_2$  ช่วงเวลาที่เอาต์พุตมีศักย์ดาต่ำ

$$\text{ดังนั้น} \quad T2 = 0.693 R_o \cdot C \quad \text{วินาที}$$

ช่วงเวลารวมสำหรับการสะสมและการคายประจุก็คือ

$$T = T1 + T2 \\ = 0.693 (R_u + 2R_o) C \quad \text{วินาที}$$

ซึ่งค่า  $T$  ก็คือ ช่วงเวลาความกว้างของพัลส์หนึ่งลูกคลื่น ดังนั้นความถี่ของพัลส์ที่เอาต์พุตก็คือ

$$F = 1 / T (R_u + 2R_o) C \quad \text{วินาที}$$

แต่ค่าของ  $(R_u + 2R_o)$  และ  $C$  จะทำให้ความถี่ของพัลส์ที่เอาต์พุตค่าต่างๆ กัน และถ้า " คิวดีไซเคิล " ถูกนิยามว่าเป็น อัตราส่วนของช่วงเวลาเอาต์พุตมีศักย์ดาสูงเท่ากับในช่วงเวลาทั้งหมดของพัลส์ หนึ่งลูกคลื่นซึ่งจะเห็นว่าค่าความต้านทานของ  $R_u$  และ  $R_o$  จะเป็นตัวกำหนดค่าคิวดีไซเคิลว่าคลื่นสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ดีซึ่งมี ค่าคิวดีไซเคิลราวๆ 50% จะเกิดขึ้นได้ในกรณีที่ค่า  $R_u$  มีค่าสูงกว่า  $R_o$  มาก กราฟนี้จึงมีประโยชน์มากในการออกแบบวงจรถ่ายเพราะจะช่วยทำให้ การกำหนดค่า  $R_u$  และ  $R_o$  เป็นไปอย่างรวดเร็วโดยที่เอาต์พุตของวงจรมีพัลส์ซึ่งมีลักษณะตามที่ต้องการ

อย่างไรก็ดีหากต้องการคลื่นจัตุรัสที่มีลักษณะสมมาตรอย่างสมบูรณ์แบบที่สุคนั้น ( Perfectly Symmetrical Square Wave ) ก็อาจจะทำได้โดยการเพิ่มตัววงจรจับกลับเข้าไปที่

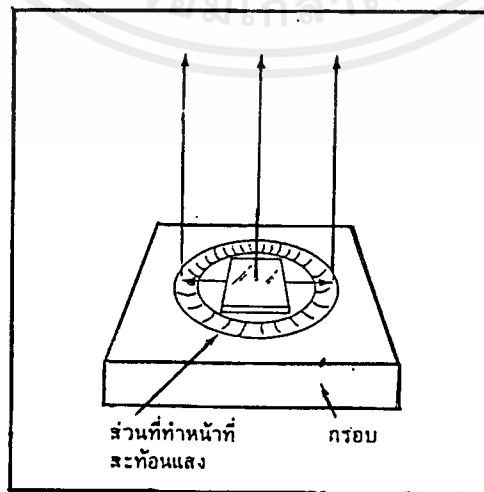
เอาที่ทุกของวงจรเดิมวงจรพลิกกลับจะทำหน้าที่ลดความถี่ลงครึ่งหนึ่งซึ่ง ในกรณีนี้ไม่ว่าค่าความต้านทาน  $R_a$  และ  $R_b$  จะเป็นเท่าไรก็ตาม คลื่นที่เอาที่ทุกก็จะเป็นคลื่นจัตุรัสที่มีลักษณะที่เป็นที่เป็นสมมาตรอย่างสมบูรณ์แบบเสมอแต่มีค่าความถี่ลดลงไปเหลือครึ่งหนึ่งของความถี่เดิมที่จากเอาที่ทุกของไอซีเบอร์ 555

### 2.19 LED อินฟราเรดกำลังสูง

LED กำลังสูงที่จะให้แสงช่วงที่ใกล้กับย่านแสงอินฟราเรด ( high power near infrared emitting diode ) หรือไดโอดที่เปล่งแสงในย่านใกล้รังสีอินฟราเรดที่มีกำลังสูงได้ถูกนำมาใช้นานแล้ว แต่ปัจจุบันเราจะได้เห็นตัว LED เบอร์ใหม่ๆ ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นแต่จะมีราคาถูกลงปรากฏตัวออกมาอยู่เรื่อย การประยุกต์ใช้งานอย่างหนึ่งที่น่าสนใจมากก็คือสามารถให้เป็นแหล่งกำเนิดแสงนำทางให้คนตาบอดได้ โดยหลักการก็คือใช้พลังงานแสงจาก LED ที่ส่งออกไปกระทบวัตถุที่อยู่รอบกายของผู้ใช้ วัตถุส่วนที่ถูกแสงก็จะสะท้อนแสงกลับมาซึ่งเซลล์รับแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งไว้ด้านล่างของ LED เอาต์พุตจากเซลล์แสงอาทิตย์จะถูกขยาย โดยเครื่องขยายช่วยฟังจะสามารถประมาณระยะห่างระหว่างตนเองกับวัตถุได้อย่างหยาบๆ จากความเข้มของโทนเสียงที่จะแปรตามความเข้มของแสงที่จะสะท้อนกลับมานั่นเอง

### 2.20 LED กำลังสูงที่ให้แสงย่านใกล้อินฟราเรด

รอยต่อของ P-N ของ LED เป็นแหล่งกำเนิดโฟตอนที่ยอดเยี่ยมมาก สมัยแรกๆได้มีการค้นพบว่ารอยต่อของแกลเลียมอาร์เซไนด์ ( GaAs ) ซึ่งจะทำให้เกิดแสงย่านใกล้อินฟราเรดทำให้เกิดโฟตอนจำนวน 88 ตัว ต่ออิเล็กตรอน 100 ตัว เมื่อนำมาเทียบกัน เป็นประสิทธิภาพควอนตัมที่น่าทึ่งไม่น้อยทีเดียว แต่อุปสรรคมีจนได้เนื่องจากโฟตอนที่ถูกปล่อยมาจากรอยต่อจะมีปัญหาคือ



รูปที่ 2.33 ชิ้นส่วนที่วางอยู่ในกรอบที่สามารถสะท้อนแสงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนหนึ่งจะถูกสกัดกั้นที่ขอบของชั้นสารที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพเอตที่แท้จริงๆ จึงมีค่าที่น้อยกว่า 88 เปอร์เซ็นต์ อีกส่วนหนึ่งของการแผ่รังสีจากรอยต่อก็ถูกดูดกลืนไป โดยตัวไดโอดเองและยังมีการแผ่รังสีบางส่วนที่กระทบผิวไดโอดด้วยมุมที่มากกว่า มุมวิกฤต ( Critical angle ) จึงถูกสะท้อนกลับไปยังไดโอดทำให้เกิดการสูญเสียเช่นกัน ปัญหาในเรื่องมุมวิกฤตเป็นปัญหาที่สำคัญประการหนึ่งซึ่งอธิบายได้ดังนี้

อากาศมีดัชนีของการหักเหเท่ากับ 1 ( 1.0003 เมื่อมาเทียบกับสุญญากาศ ) ในขณะที่ดัชนีการหักเหของเพชรคือ 2.42 และแต่ในขณะที่ GaAs มีค่าดัชนีการหักเหของแสงเท่ากับ 3.5 ซึ่งเป็นหนึ่งในสารเพียงไม่กี่ชนิดที่มีดัชนีของการหักเหมากกว่าเพชร ความแตกต่างของดัชนีของการหักเหนี้ทำให้การแผ่รังสีของแสงที่เกิดขึ้นภายในชั้นสาร GaAs เมื่อกระทบกับผิวที่ติดต่อกับอากาศภายนอกมีมุมวิกฤต 16 องศา หากมุมตกกระทบที่รอยต่อของผิวมากกว่า 16 องศา แสงนั้นจะถูกสะท้อนกลับมายังชั้นสารโดยที่เราเรียกตัวปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า ปรากฏการณ์สะท้อนกลับภายใน ( total internal reflection )

**2.21 วิธีลดความไม่สมดุลระหว่างดัชนีการหักเหของแสงมีอยู่หลายวิธี**

วิธีหนึ่งเป็นของทักซ์สอินสตรูเมนต์คือ ทำผิวหน้าของชั้นไดโอดเป็นรูปโดมทำให้แสงจากในมาถึงผิวรอยต่อระหว่างอากาศและ GaAs ด้วยค่ามุมที่ไม่เกิน 16 องศา โดยวิธีนี้จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้สูงกว่าชั้นไดโอดแบบแบนราบประมาณ 10 เท่า การผลิตไดโอดแบบโดมนี้มีราคาค่อนข้างแพงแล้วอีกที่จะต้องการสาร GaAs มากกว่าแบบแบนราบจึงทำให้มีการใช้อิพ็อกซีเคลือบไดโอดเพื่อทำให้ ค่าดัชนีการหักเหของแสงสมดุลดัชนีการหักเหของแสงเคลือบนี้มีค่าตั้งแต่ 1.4 ถึง 1.8 แม้ว่าจะไม่เท่ากับดัชนีการหักเหของ GaAs ( 3.5 ) ก็ตาม แต่ก็มีค่าที่ใกล้เคียงมากกว่าอากาศ

ส่วน LED ที่ทำจากแกลเลียมฟอสไฟด์ (GaP) ที่ให้แสงสีเขียวและมีมุมวิกฤต 17.7 องศา การเคลือบไดโอดด้วยอิพ็อกซีที่มีดัชนีหักเห 1.66 ทำให้เพิ่มมุมวิกฤตเป็น 30.3 องศา และทำให้การเปล่งแสงจากไดโอดเพิ่มขึ้นอีก 2.5 เท่า เมื่อมาพิจารณาถึงแสงที่ได้ปล่อยออกมาจากขอบของสารที่เราใช้ในการสร้าง LED ในสมัยแรกๆนั้นแสงส่วนนี้สูญเสียไปถ้าชั้นสารถูกวางไว้ในกรอบโลหะปัจจุบัน LED ส่วนใหญ่จึงถูกวางไว้ในตัวสะท้อน (reflectors) ตัวเล็กๆ ดังรูปที่แสดง โดยที่ตัวสะท้อนนี้จะสะท้อนแสงที่เปล่งจากของของชั้นสารออกมาสู่ภายนอก

**2.22 เทคโนโลยีเฮตเทอโรจังก์ชัน**

ในระยะต่อมาของการพัฒนา LED ได้มีการค้นพบว่าสามารถสร้าง LED ที่ให้แสงย่านใกล้อินฟราเรดที่มีประสิทธิภาพสูงได้ โดยการสร้างที่ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่เรียกว่าเฮตเทอโรจังก์ชัน ( Heterojunction ) เทคโนโลยีแบบนี้ไดโอดจะมีสภาพเหมือนเป็นแซนด์วิช สารกึ่งตัวนำ

ที่มีคุณสมบัติทางแสงและทางไฟฟ้าต่างกันอยู่เล็กน้อย การทำชั้นสารหลายๆชั้นในรูปแบบของเฮเทอโรจังค์ชันเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการเปล่งแสงของไดโอด เนื่องจากการใช้เทคโนโลยีแบบนี้ทำให้ลดพื้นที่บริเวณรอยต่อ P-N ลงชั้นนอกสุดของเฮเทอโรจังค์ชันมีความโปร่งใสที่จะทำให้แสงผ่านได้มากกว่ารอยต่อ P-N ของไดโอดที่ใช้เทคโนโลยีแบบโฮโมจังค์ชัน ( homojunction ) ทำให้ได้พลังงานแสงที่ได้จึงมีมากกว่า 2 เท่า

ด้วยเทคโนโลยีแบบเฮเทอโรจังค์ชันทำให้สามารถผลิตเลเซอร์ไดโอดนี้ทำงานได้อย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิห้องและผลิตเลเซอร์ไดโอดที่ให้แสงในย่านที่ตามนุษย์สามารถที่จะมองเห็นได้ ต่อมาเทคโนโลยีแบบเฮเทอโรจังค์ชันก็ได้นำมาใช้การผลิต LED ที่ให้แสงในที่ยมองเห็นได้และนำอะลูมิเนียมแกเลียมอาร์เซไนด์ ( AlGaAs ) มาใช้ผลิต LED แสงสีแดงที่มีความสว่างสูง

### 2.23 คุณสมบัติของ LED อินฟราเรด

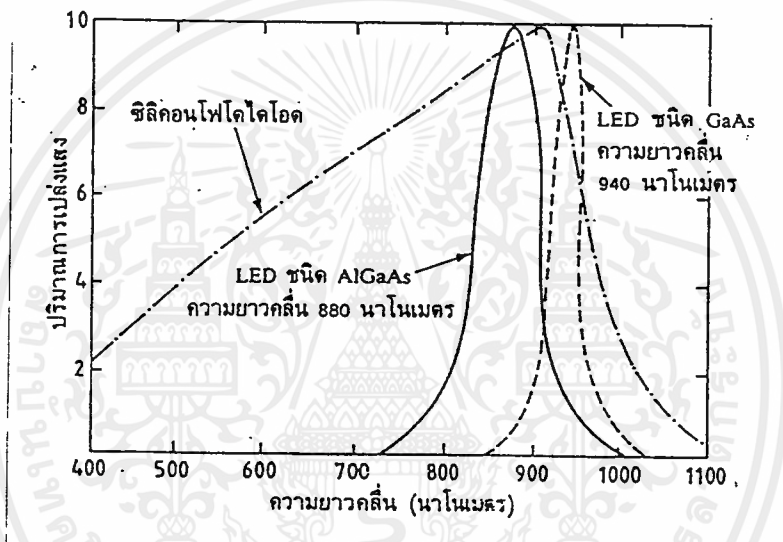
แรงดันตกคร่อมที่รอยต่อ P-N ของไดโอดจะต้องมีค่าแรงดันที่เกิดที่จะมากกว่าแรงดันเทรชโฮลด์จึงจะสามารถทำให้ไดโอดนำกระแสได้ สำหรับซิลิคอนไดโอดมีแรงดันทำงานมีค่าประมาณ 0.6 โวลต์ ส่วน LEDทำให้แสงในย่านมองเห็นได้ ถ้าทำจากสาร GaP ซึ่งให้แสงสีเขียวจะมีค่าแรงดันทำงานประมาณ 2.1 ถึง 2.8 โวลต์ ถ้าเป็น LEDที่ทำจาก AlGaAs แสงสีแดงจะมีแรงดันทำงาน 1.75 ถึง 2.5 โวลต์ ส่วน LEDที่ให้แสงใกล้อินฟราเรดทำจากสาร GaAs มีแรงดันทำงาน 1.5 โวลต์ โดยให้แสงที่มีความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร และถ้าทำจาก AlGaAs จะได้แสงที่มีความยาวคลื่น 880 นาโนเมตรที่แรงดัน 1.75 โวลต์ พลังงานที่ได้จากการเปล่งแสงของ LED หาได้จากกระแสไบแอสตรงของไดโอด และต้องระมัดระวังไม่ให้กระแสส่วนนี้มีค่าสูงจนเกิดความร้อนอันจะทำอันตรายต่อชิ้นไดโอด

ส่วนที่สำคัญที่สุดของ LED อินฟราเรดกำลังงานสูงคือ ชั้นสาร AlGaAs ที่ให้ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตรและสาร GaAs ซิลิคอนไดโอดให้แสงความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2 คือ กราฟสเปกตรัลที่ใช้เปรียบเทียบความยาวคลื่นกับการเปล่งแสงของ LED ทั้ง 2 ชนิด ซิลิคอน LED ที่ทำจาก GaAs จะให้กำลังงานประมาณ 5 มิลลิวัตต์ ในขณะที่กระแสที่ไปไบแอสตรง 10 มิลลิแอมป์ LED ที่ทำจาก AlGaAs จะให้กำลังงานเป็น 2 เท่า เมื่อให้กระแสไบแอสตรงค่าเดียวกันข้อที่ดีกว่าอีกประการหนึ่งของ LED ชนิด AlGaAs คือ มีค่า rise time และ fall time ที่เร็วกว่าคือประมาณ 0.5 ไมโครวินาที ในขณะที่ GaAs ซิลิคอนไดโอดมีค่า 1.5 ไมโครวินาที

ข้อดีประการหนึ่งคือ การเปล่งแสงของ LED ที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร ( AlGaAs ) จะใกล้เคียงกับความยาวคลื่นที่ซิลิคอนโฟโตทรานซิสเตอร์จะมีความไวสูงสุด จึงจะเป็น

การเหมาะสมที่จะใช้ LED ชนิดที่มีความยาวคลื่น 880 นาโนเมตรมาแทนที่ตัว LED ที่มีค่าความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร

นอกจากนั้น LED ที่ให้ความยาวคลื่นแสง 880 นาโนเมตรจะยังไม่ถูกดูดกลืนโดยละอองน้ำเหมือน LED ที่ให้ความยาวคลื่น 940 นาโนเมตรจึงสามารถที่จะนำไปใช้ในการใช้ตรวจจับไอน้ำในอากาศ แต่ตัว LED ชนิด 940 นาโนเมตร ไม่เหมาะกับการสื่อสารด้วยแสงภายนอก เพราะจุดอ่อนเรื่องการถูกดูดกลืนด้วยไอน้ำในอากาศนั่นเอง ส่วน LED ชนิดซิลิคอนที่ทำจาก GaAs มักจะใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงย่านอินฟราเรด



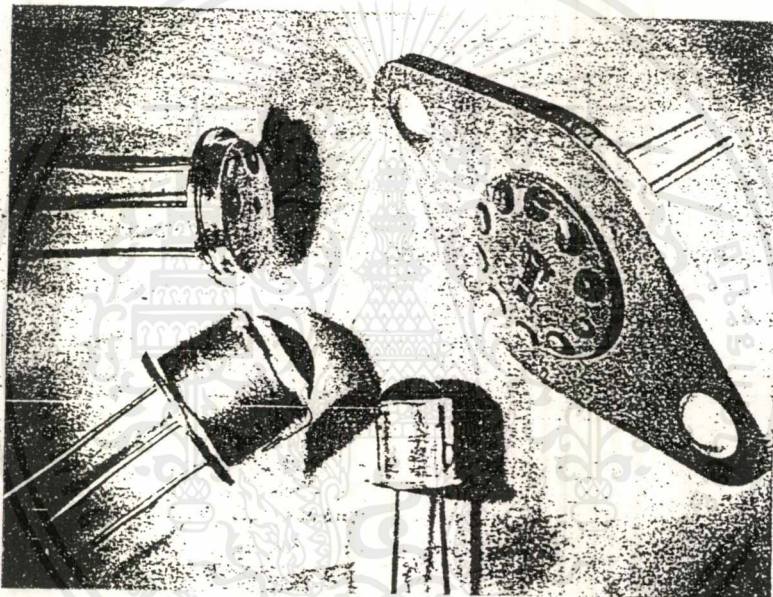
รูปที่ 3.34 การเปล่งแสงของ LED แบบ GaAs และ AlGaAs

### 2.24 LED อินฟราเรดกำลังงานสูง

LED ที่ให้ความยาวคลื่นแสง 880 นาโนเมตร ในตัวถังแบบต่างๆ ตัวถัง TO-66 ตัวใหญ่คือ เบอร์ OD-663 ที่ประกอบด้วยชิ้นสารวางเรียงกัน 3 ชั้น อยู่ในกรอบอันเดียวกัน ดังจะได้กล่าวถึง LED ที่อยู่ในตัวถัง TO-46 เป็นแบบที่ครอบด้วยเลนส์แก้วให้กำลังงาน 5 มิลลิวัตต์ ที่กระแสไบแอส 50 มิลลิแอมป์ ส่วน TO-39 มีเลนส์แก้วครอบให้กำลังงาน 5 มิลลิวัตต์ ที่ 50 มิลลิแอมป์และจะให้กำลังงานได้ 600 มิลลิวัตต์ หากขับด้วยกระแสพัลส์ที่ 10 แอมป์ ที่มีคาบเวลาที่ไม่เกิน 10 ไมโครวินาทีถัดจากเบอร์ OD-50L ก็คือเบอร์ OD-100 ที่อยู่ในตัวถัง TO-39 และเคลือบด้วยอีพ็อกซีเป็นรูปโดม จึงไม่มีกรอบโลหะมาขัดขวางการเปล่งแสง OD-100 จึงให้แสงเป็น 2 เท่าของตัว OD-50L ที่ 500 มิลลิแอมป์จะให้กำลังงาน 100 มิลลิวัตต์และหากว่าเราให้กระแสป้อนให้ที่ 10 แอมป์ด้วยพัลส์ 10 ไมโครวินาทีจะให้กำลังงานได้ถึง 1.3 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

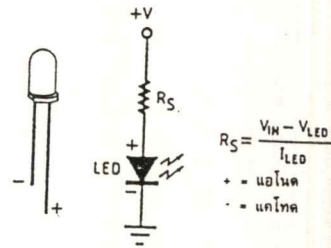
สาเหตุที่สำคัญที่ทำให้ OD-50L และ OD-110 ให้กำลังงานได้มากกว่า LED ที่มี ความยาวคลื่น 880นาโนเมตรธรรมดา ก็คือมีการระบายความร้อนที่ดีกว่าด้วยตัวถัง TO-39 และถ้า ใช้กับกระแสสูง OD - 50L และ OD -100 ต้องใช้กับแผ่นระบายความร้อนภายนอกที่เหมาะสมด้วย สิ่งจำเป็นในการใช้งาน LED อย่างต่อเนื่องคือ การต่อตัวต้านทานอนุกรมที่เหมาะสมใช้เพื่อจำกัด กระแสตามรูปที่แสดงการจำกัดกระแสเบื้องต้นของตัว LED ดยการคำนวณจะมีสูตรที่จะใช้ใน คำนวน หากใช้กระแสเกินพิกัดจะทำให้อายุการใช้งานสั้นลง ดังนั้นตัว LED กำลังสูงๆต้องยึดติด กับแผ่นระบายความร้อนเสมอเมื่อใช้กับกระแสเกินระดับปกติ



รูปที่ 2.35 แสดง LED อินฟราเรดกำลังสูง ในตัวถังแบบต่างๆ

## 2.25 แผ่รังสีจาก LED อินฟราเรด

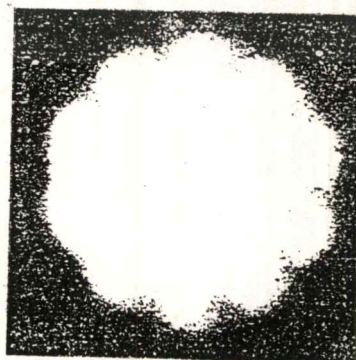
ในการใช้งาน LED อินฟราเรดกำลังสูงอาจพบ ความยุ่งยากที่ไม่อาจเห็นการแผ่ รังสีในย่านที่ตาสามารถมองเห็นได้ของอุปกรณ์ ชนิดนี้จึงเป็นการยากที่จะทำการจัดเลนส์โฟกัสและ ยากต่อการทำแพตเทิร์น การกระจายของรังสีด้วยเหตุนี้จึงได้มีการนำการ์ดที่เคลือบสารฟอสเฟอร์ ชนิดพิเศษมาใช้ในการเปลี่ยนรังสีย่านใกล้อินฟราเรดเป็นแพตเทิร์นของแสงที่เรามองเห็นได้ตอน แรกจะนำการ์ดนี้ไปถูกแสงสว่างก่อนเช่น การใช้แสงในห้องก็จะทำให้ผิวพื้นของตัวการ์ดกลายเป็นสี เข้ม เมื่อการ์ดรับแสงจาก LED อินฟราเรดก็จะเปลี่ยนเป็นสีส้มหรือสีเขียว



รูปที่ 2.36 การจำกัดกระแสของ LED เบื้องต้น

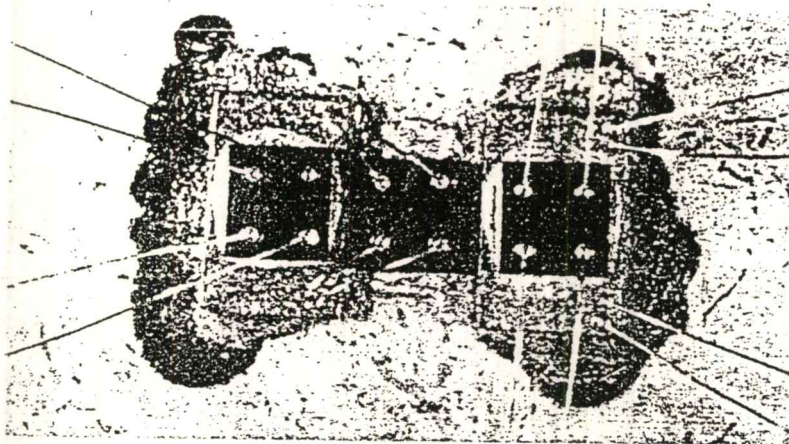
การเปล่งแสงที่มีความยาวคลื่น 880 นาโนเมตรของ LED ที่เป็นอินฟราเรดกำลังสูงมองเห็นเป็นแสงสีแดงมัวๆ เหตุที่เป็นเช่นนั้นก็เพราะในการรับรู้ด้วยตาของมนุษย์จำกัดไว้ที่ 880 นาโนเมตรพอดี แต่ดังที่แสดงไว้ในรูป LED อินฟราเรด AlGaAs จะมีการเปล่งแสงที่มีความยาวคลื่นต่ำลงเช่น 750 นาโนเมตร ไดโอดที่ให้แสงสีแดงส่วนใหญ่อาจมาจากไดโอดที่ให้แสงความยาวคลื่นต่ำนี้ก็ได้ อาจรู้สึกวุ่นวายยากลำบากไปสักหน่อยกับ การพยายามที่จะตัวหาแพตเทิร์นจากแผ่นฟอสฟอรัส แต่ยังมีวิธีที่ดีกว่าก็คือ การผ่านรังสีเข้าไปที่ในเครื่องแปลงภาพอินฟราเรด (infrared image converter) หรือ กล้อง TV ที่ตอบสนองและยังสามารถทำงานได้ดีและแน่นอนในย่านที่ใกล้อินฟราเรด

เครื่องแปลงภาพอินฟราเรดมีราคาแพงมากทางเลือกที่ดีกว่าคือ กล้องวิดีโอที่มีสามารถตอบสนองย่านใกล้อินฟราเรดได้ ซึ่ง LED อินฟราเรดขนาดใหญ่เบอร์ OD-663 ที่บรรจุอยู่ในตัวถัง TO-66 ดังแสดงในรูปที่จะถูกออกแบบมาสำหรับย่านอินฟราเรดที่สามารถมองเห็นได้ โดยผ่านกล้อง TV ที่ใช้ CCD ( Charge Couple Device ) เป็นตัวรับภาพ OD-663 ประกอบขึ้นด้วยสารกึ่งตัวนำ 3 ชั้นวางเรียงกันที่กระแส 300 มิลลิแอมป์ OD-663 สามารถให้กำลังงานได้ 170 มิลลิวัตต์ และจะให้กำลังงานมากกว่า 1 วัตต์ หากว่าจะขับด้วยกระแสมากกว่า 5 แอมป์



รูปที่ 2.37 ภาพที่ได้จากเครื่องแปลงภาพอินฟราเรดของ OD-663 ขณะไบอัสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.38 ภาพขยายของ OD-663 LED

ภาพขยายของชั้นสารกึ่งตัวนำ AlGaAs 3 ชั้น ที่วางเรียงกันบนกรอบของ OD - 663 ด้านบนของแผ่นซับสเตรตเซรามิกทั้งสองเคลือบด้วยทองไว้เป็นผิวการนำกระแสชั้นสารแต่ละชั้นถูกต่อดัวยสายอิเล็คโตรดทั้ง 4 เส้น อิเล็คโตรดจะถูกต่ออยู่ระหว่างชั้นสารแต่ละชั้น , กรอบ และอิเล็คโตรดของกรอบเพื่อใช้เป็นเส้นทางอนุกรมของชั้นสารไดโอดทั้งสามภาพบนจอของเครื่องแปลงภาพอินฟราเรดจับภาพขณะที่ OD-663 ได้รับแรงดันไบอัสที่เป็นแบบไบอัสตรง LED อินฟราเรดสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวางทั้งในโรงงานอุตสาหกรรมและระบบตรวจจับสมัยใหม่ นับเป็นเซ็นเซอร์ตัวเก่งอีกตัวหนึ่งที่เดียว

\*\*\*\*\*

### บทที่ 3

#### การออกแบบและการทำงานของระบบสุขภัณฑ์อัตโนมัติ

ในชีวิตประจำวันทุกวันนี้ของเรานั้นเน้นความสะดวกสบายในด้านต่างๆอยู่เสมอ แม้แต่ในเรื่องส่วนตัวที่ยังต้องอาศัยระบบอัตโนมัติมาใช้ ในการตอบสนองของความต้องการด้านความสะดวกสบาย แต่ในปัจจุบันปัญหาทางด้านเศรษฐกิจจะเข้ามามีบทบาทในการกำหนดลักษณะต่างๆ ของทำงานและการใช้งานของระบบ โดยระบบที่เป็นที่ต้องการนั้นจำเป็นที่จะต้องมีความกระชับรัดราคาถูก , อายุการใช้งานนาน , ประหยัดค่าใช้จ่ายในการทำงานและการบำรุงรักษา , การทำงานมีความแน่นอน และสามารถที่ปรับปรุงแก้ไขได้ง่าย

จากข้อกำหนดดังกล่าวมีส่วนทำให้เกิดปัญญานิพนธ์ฉบับนี้ ในหัวข้อระบบสุขภัณฑ์อัตโนมัติ ( TOILET AUTOMATION SYSTEM ) โดยระบบสุขภัณฑ์อัตโนมัติมีการทำงานหลักๆตาม BLOCK DIAGRAM โดยที่หลักๆแล้วระบบนี้เป็นระบบสุขภัณฑ์ที่จะแตกต่างจากระบบเดิมๆที่ใช้การทำงานของฮาร์ดแวร์ล้วนๆ แต่ในระบบนี้ได้ใช้การทำงานร่วมกันของระบบฮาร์ดแวร์มาทำงานร่วมกับซอฟต์แวร์ โดยการนำไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS -51 มาควบคุมการทำงานในส่วนหลักๆ ใน PROJECT นี้สามารถที่จะแยกเป็นส่วนต่างๆได้ดังต่อไปนี้คร่าวๆคือ

1. ส่วนของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51
2. ส่วนของวงจรภาคส่งอินฟาเรดและส่วนแปลงสัญญาณ
3. ส่วนของวงจรภาครับอินฟาเรด และส่วนแปลงสัญญาณ
4. ส่วนของวงจรภาคจ่ายไฟเลี้ยง
5. ส่วนของวงจรขับโซลินอย์รของน้ำและน้ำหอม

#### 3.1 ส่วนของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51

การทำงานของวงจรภาคนี้จะใช้ MCS - 51 เป็นตัวควบคุมการทำงาน โดยที่ตัว MCS - 51 จะใช้คริสตัล (CRYSTAL)ค่า 11 MHZ ต่อเข้ามาเพื่อที่จะใช้เป็น ตัวการสร้างความถี่ออสซิลเลเตอร์มาป้อนแก่ MCS - 51 โดยตัว MCS - 51 จะทำการบันทึกโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานเอาไว้และตัว MCS - 51 จะต้องใช้พอร์ทหลัก 3 พอร์ทเพื่อใช้ในการติดต่อกับอุปกรณ์รอบข้างคือ PORT 0 , PORT 1 , PORT 2 และในแต่ละพอร์ทก็จะมีพอร์ทด้วยย่อย 8 พอร์ท โดยแต่ละพอร์ทจะมีหน้าที่การทำงานดังนี้คือ

PORT 0 จะมีหน้าที่ในการเชื่อมต่อกับตัววงจรภาครับอินฟาเรดเพื่อรับค่าไลอจิก 0 จากวงจรภาครับอินฟาเรดที่มีทั้งหมด 8 ชุดมาทำการบันทึกค่าใน MCS - 51 เพื่อที่จะนำไปใช้ในการตรวจสอบการใช้งานในแต่ละพอร์ทและให้ MCS - 51 สามารถที่จะส่งไลอจิก 0 ไปควบคุม

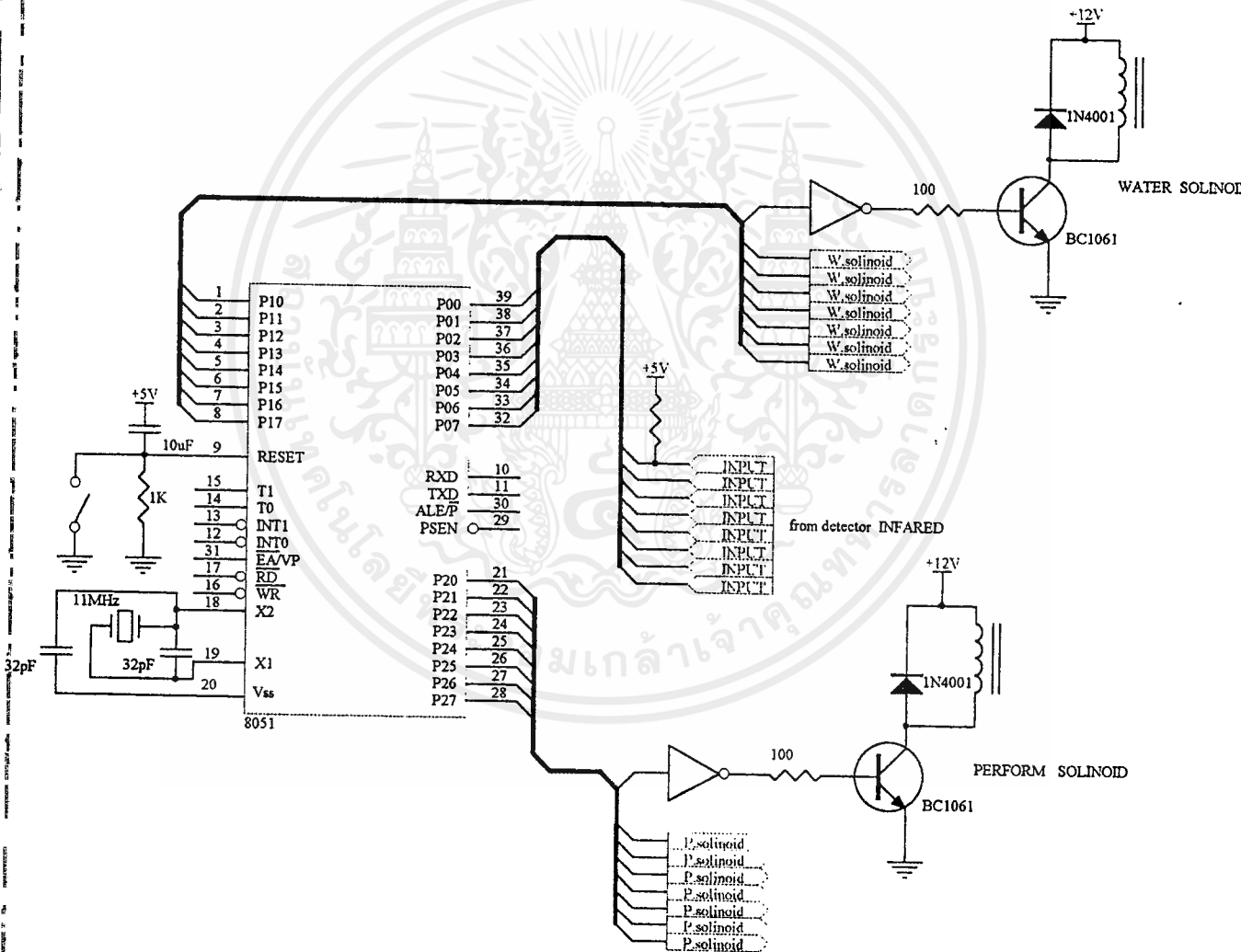
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่อนุญาดให้มาใช้ประโยชน์ตามใจ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรภาคขับโซลินอยร์น้ำและน้ำหอมให้ปล่อยน้ำและ น้ำหอมตามเวลาที่กำหนดไว้ในโปรแกรมที่ พอร์ท 1 และ พอร์ท 2 โดยในแต่ละพอร์ทย่อยจะทำงานเป็นอิสระจากกัน

PORT 1 มีหน้าที่ในการเชื่อมต่อกับตัววงจรภาคขับโซลินอยร์ของน้ำเป็น ทางผ่านในสภาวะลอจิก 0 จาก MCS - 51 โดยจะต้องผ่าน NOT GATE ก่อนที่เข้าวงจรสูตัววงจรขับ ที่ใช้ตัวทรานซิสเตอร์ และในแต่ละพอร์ทย่อยจะทำงานเป็นอิสระจากกัน

PORT 2 มีหน้าที่ในการเชื่อมต่อกับตัววงจรภาคขับโซลินอยร์น้ำหอมเป็น ทางผ่านในการส่งลอจิก 0 จาก MCS - 51 โดยการผ่าน NOT GATE เกิด 1 ก่อนที่จะเข้าสู่วงจรขับ ของภาคจ่ายน้ำหอม .



รูปที่ 3.1 แสดงวงจรการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 15

จากวงจรสามารถที่จะอธิบายการทำงานได้คือ สมมติว่าที่วงจรภาคส่งทำการส่ง สัญญาณอินฟาเรดออกมาซึ่งปกติส่งออกตลอดเวลาอยู่แล้ว และ ถ้าหากในขณะนั้นมีคนเดินมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวิตช์ตัวที่ 1 เมื่อคนจะเดินมาขวางลำแสงอินฟราเรดทำให้เกิดการสะท้อนขึ้นที่ตัววงจรที่ ภาครับอินฟราเรด ทำให้ภาครับเช็คได้ว่าที่พอร์ท 00 มีการใช้งานเกิดขึ้นเป็นผลทำให้เกิดให้โลจิก1ที่เอาต์พุตของไอซี PLLซึ่งปกติเป็น 0 ไปทริกตัวทรานซิสเตอร์ทำให้ตัวทรานซิสเตอร์ 2 ตัว ON เกิดกระแสไหลทำให้รีเลย์ทำงานจาก NC มาเป็น NO ทำให้ไม่มีกระแสไหลไปที่ตัว MCS - 51 ทำให้เกิดโลจิก0 จะไปปรากฏที่ MCS - 51 ซึ่งปกติเป็น 1 มาปรากฏที่พอร์ท 00 ของ MCS - 51 ที่ต่ออยู่ตัวภาครับอินฟราเรดทำให้ตัว MCS - 51 สามารถรับรู้และทำการส่งโลจิก 0 ออกไปทางพอร์ท 10 ไปสู่วงจรภาคขับโซลินอยด์ โดยก่อนจะเข้าวงจรโซลินอยด์จะเข้าตัว Not Gate ก่อนแปลงโลจิก 0 ไปเป็น โลจิก 1 เพื่อไปทริกตัวทรานซิสเตอร์ทำให้วงจรทำการปล่อยน้ำ

ในการปล่อยน้ำออกมาก่อน 1 ครั้งก่อนเป็นเวลา 3 วินาทีและจะระจอนกว่าคนใช้เดินออกไปโลจิกก็จะเป็นโลจิก 1 ตามเดิม ทำให้ MCS - 51 รับรู้และส่งโลจิก 0 ไปภาคขับโซลินอยด์น้ำโดยจะทำเหมือนครั้งแรกเพื่อที่จะปล่อยน้ำออกมาเป็นเวลา 5 วินาที จากนั้นตัว MCS - 51 จะทำการตรวจเช็คค่า พอร์ท 00 มีการใช้อีกหรือไม่ในเวลา 15 นาทีหากว่าไม่มีการใช้ตัว MCS - 51 ก็ทำการส่งโลจิก 0 ออกทางพอร์ท 20 ไปส่งที่วงจรถูกขับโซลินอยด์น้ำหอมให้ทำการปล่อยน้ำหอมออกมาในเวลา 3 วินาที หากว่าไม่มีการใช้อีกในเวลา 15 นาที หลังการใช้ครั้งแรกก็ทำการปล่อยน้ำหอมออกไปเช่นกัน โดยการตัว MCS - 51 จะทำการเช็คเองตามโปรแกรมที่เราตั้งค่าไว้

การทำงานของทุกพอร์ทมีการทำงานในลักษณะตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ส่วนโปรแกรมการทำงานได้มี การเขียนลงไปเก็บไว้ในส่วนของหน่วยความจำที่ใช้ เก็บโปรแกรมที่อยู่ในตัว MCS - 51 และการตั้งเวลาการทำงานในกระบวนการปล่อยน้ำและน้ำหอมสามารถที่จะทำการกำหนดได้จากโปรแกรม

### 3.2 ส่วนของวงจรถูกขับอินฟราเรด

การวงจรถูกขับอินฟราเรดมีวงจรแสดงตามรูปที่ 3.2 ได้มีการนำเอาส่วนวงจร 2 ส่วนมาทำงานร่วมกันคือ การนำเอาวงจรถะสเตเบิลมัลติไวเบเตอร์ที่ใช้ ตัวทรานซิสเตอร์มาทำงานร่วมกันในการผลิตความถี่ออสซิลเลเตอร์เพื่อทำการรวมสัญญาณ 2 ความถี่เพื่อใช้ส่งออกไป

โดยการทำงานของวงจรถะสเตเบิลมัลติไวเบเตอร์จะเป็นการสลับกันทำงาน ระหว่างตัวทรานซิสเตอร์ 2 ตัว โดยวงจรแรกนี้จะผลิตความถี่ออกมาประมาณ 39 Hz โดยเหตุที่ใช้ได้ความถี่ต่ำ เนื่องจากว่าวงจรถะสเตเบิลมัลติไวเบเตอร์สามารถที่จะสร้างง่ายกว่าวงจรถะสเตเบิลมัลติไวเบเตอร์ความถี่สูงและเราต้องการที่จะได้โลจิก 1 ในสัญญาณที่เป็นชวงยาวๆ ในช่วงที่ตัวทรานซิสเตอร์ได้ ON ในการทำงานหากว่าตัวทรานซิสเตอร์ตัวหนึ่งทำงานตัวคู่กันอีกตัวจะหยุดการทำงาน โดยตัวที่ทำงานจะผลิตความถี่ออกมา 39 Hz มีระดับสัญญาณ 1 และ 0 ทั้งนี้ระดับสัญญาณที่เป็นโลจิก1 จะทำให้ตัวที่ส่งอินฟราเรดส่ง

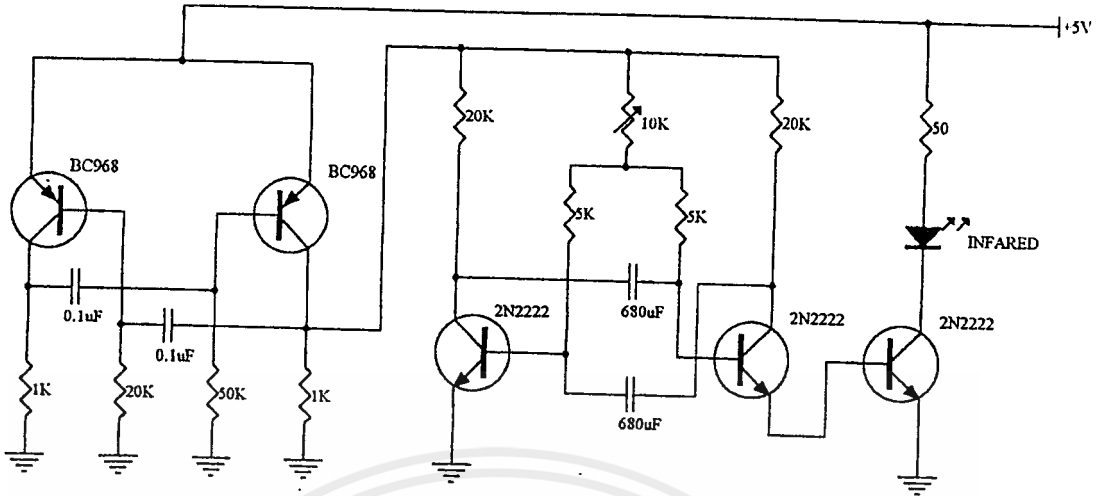
ตลอดจนสามารถที่ส่งแสงอินฟราเรดออกไปได้ หากเมื่อระดับสัญญาณเป็นโลจิก 0 อันเป็นช่วงตัวทรานซิสเตอร์ตัวนั้นหยุดทำงานก็จะมีสัญญาณส่งที่ส่งออกไปเป็นผลให้ที่ตัวทรานซิสเตอร์ อีกชุดตัวใดตัวหนึ่ง ON จะผลิตความถี่ 49 KHz. ออกมาแทรกในส่วนที่เป็นโลจิก 0 เป็นเสมือนว่า เป็นโลจิก 1 ตลอดแม้ว่าจะมีช่วงที่เป็น 0 แต่ถือว่าเล็กน้อย ทำให้ตัวส่งอินฟราเรดส่งแสงอินฟราเรดออกไปตลอดเวลาและช่วงของสัญญาณทั้งสองจะได้สัญญาณที่มีความสมบูรณ์สูงและในช่วงที่สัญญาณตกจาก 1 มา เป็น 0 ก็จะได้สัญญาณที่เป็นมุมฉากจริงๆ

ในช่วงนี้ไม่มีการตกของสัญญาณ เป็นผลการทำงานแน่นอนและการใส่ความถี่สูงเข้าไปจะให้ข้อดีในการส่งที่ไกล โดยหลักการทำงานดังกล่าวมิใช่ในวงจรโหมดคอนโทรลที่วูไป มันจะมีข้อดีคือ จะช่วยเป็นตัวนำพาตัวสัญญาณอินฟราเรดพุ่งออกไปในอากาศโดยที่ระดับแรงดันที่เป็น 1 ไม่มีการตกของระดับแรงดันที่ได้กล่าวไว้ โดยที่ระดับสัญญาณที่เป็นโลจิก 1 จะมีค่าของแรงดันเท่ากับค่าแรงดันที่ตัวแหล่งจ่ายคือ + VCC ตลอดเวลาจากนั้นก็ส่งเข้าตัวทรานซิสเตอร์เพื่อทำการขยายแล้ว ส่งผ่านตัวอินฟราเรดแอลอีดีเกิดเป็นแสงอินฟราเรดส่งออกไป โดยความถี่ของวงจรทั้งสองกำหนดมาจากค่าของตัวต้านทานและค่าของตัวเก็บประจุที่ สามารถที่จะคำนวณมาจากสูตรคือ

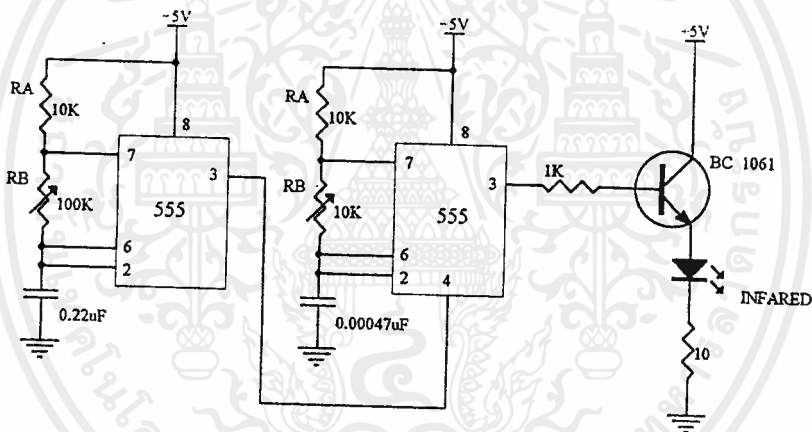
$$f = 1 / (2\pi RC)$$

โดยหากว่าสังเกตจะพบว่าวงจรทั้งสองวงจรเป็นวงจรที่เหมือนกันแต่จะต่างกันตรงที่ใช้ตัวทรานซิสเตอร์ต่างชนิดและคนละเบอร์กันเท่านั้นเอง

จากวงจรเดิมเป็นวงจรที่สร้างมาจากตัวทรานซิสเตอร์ทั้งหมดอันจะไม่ค่อยสะดวกและไม่เป็นสากลเท่าใดนัก ดังนั้นจึงมีการดัดแปลงเอาไอซี 555 มาใช้สร้างวงจรอะสเตเบิลแทนที่จะใช้ตัวทรานซิสเตอร์อันจะช่วยลดขนาดของวงจรได้มากและลักษณะของวงจรมีลักษณะตามรูปที่ 5.2 การทำงานของวงจรมีลักษณะการทำงานที่คล้ายกับวงจรที่ใช้ทรานซิสเตอร์ เพียงแต่ต่างกันที่วงจรใหม่ใช้ไอซี 555 การทำงานคือเราจะใช้ตัวไอซี 555 2 ตัวมาเป็นวงจรอะสเตเบิลการทำงานหากว่าไอซี 555 ตัวแรกทำงานจะผลิตความถี่ออกมา 36 Hz. ออกมาเป็นระดับโลจิก 1 และ 0 โดยที่ระดับโลจิก 1 จะเท่ากับ + Vcc จะไปรีเซ็ตตัวไอซี 555 อีกตัวไม่ให้ทำงานผลิตความถี่ 49 KHz. ออกมาแต่เมื่อเป็นโลจิก 0 จะไม่มีสัญญาณไปรีเซ็ตที่ไอซี 555 ตัวที่ 2 ส่งผลให้ไอซีตัวที่ 2 จะผลิตความถี่ 49 KHz. ออกมาในช่วงที่เป็นโลจิก 0 จึงทำให้ดูเหมือนว่าเป็นโลจิก 1 ตลอดเวลาทำให้ตัวส่งอินฟราเรดส่งแสงอินฟราเรดออกไปตลอดเวลาเหมือนกับวงจรที่ใช้ทรานซิสเตอร์ แต่ว่าสัญญาณที่ทาง O/ P จะกลับเฟสเนื่องจากว่าเราต่ออินฟราเรด LED ที่ขา E ของตัวทรานซิสเตอร์เป็นมุม 180 องศา กับทางอินพุต



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรของภาคส่งแสงอินฟราเรดที่ใช้ทรานซิสเตอร์



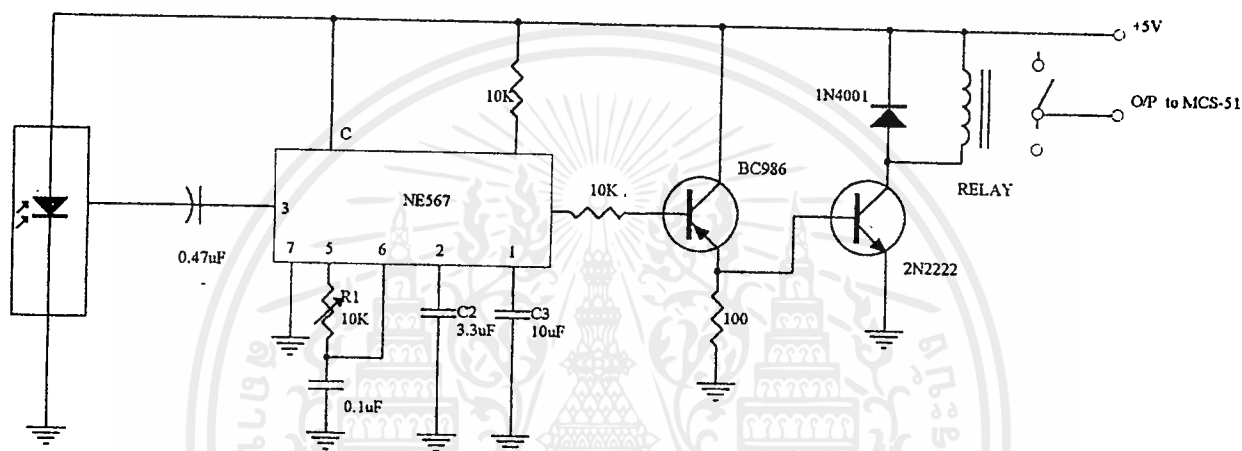
รูปที่ 3.3 แสดงวงจรภาคส่งอินฟราเรดที่ใช้ไอซี 555

### 3.3 ส่วนของวงจรภาครับแสงอินฟราเรด

การทำงานของวงจรภาครับเราใช้ตัวรับแสงอินฟราเรดเป็นตัวรับและจะมีใช้วงจรที่เรียกว่าเฟสล็อกกลูป ( Phase Lock Loop) มาเป็นตัวล็อกความถี่ที่จะรับเข้ามาในที่นี้คือ 39 Hz. เหตุที่ใช้วงจรเฟสล็อกกลูปก็เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนที่จะเข้ามาอันเป็นผลที่จะทำให้วงจรทำงานไม่เที่ยงตรงแน่นอน

โดยหลักการทั่วไปของวงจรเฟสล็อกกลูปจะสามารถที่จะจูนเลือกความถี่หรือฟิลเตอร์เฉพาะความถี่ที่ใช้งานได้ โดยที่ไม่ต้องมีคอยล์หรือตัวอินดักเตอร์ใดๆทั้งสิ้น โดยวงจร PLL เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์เซอร์โว ที่สามารถที่จะควบคุมวงจรออสซิลเลท ในผลิตความถี่ไปล็อกหรือจิ้งค์กับความถี่ของสัญญาณที่เข้ามา เมื่อเฟสของความถี่จากออสซิลเลเตอร์เปลี่ยนแสดงว่า

สัญญาณที่เข้ามาความถี่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นผลให้ทางเอาต์พุตจากวงจรถ่ายเฟสดีเทคเตอร์มีค่าเปลี่ยนแปลงเป็นผลให้วงจร PLL ไปควบคุมวงจรรอสซิลเลทให้ผลิตความถี่ให้ตรงและล็อกกับสัญญาณที่เข้ามา ดังนั้นค่าของโวลเตจเฉลี่ยที่ได้จากเฟสดีเทคเตอร์ไปควบคุมออสซิลเลเตอร์จึงเป็นฟังก์ชันของความถี่สัญญาณที่เข้ามาคือหากว่าสัญญาณที่เข้ามาเป็น FM ( Frequency Modulated ) แล้วเอาต์พุตที่ได้จากเฟสดีเทคเตอร์ผ่านวงจร LPF ( Low Pass -Filter ) จะเป็นสัญญาณที่ได้ถูก Demodulated นั้นเอง

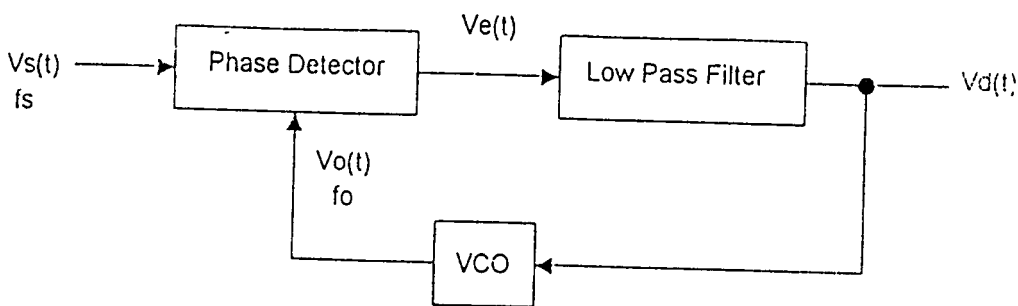


รูปที่ 3.4 แสดงวงจรของภาครับอินฟราเรด

ปัจจุบันวงจร PLL มีการพัฒนาเป็นวงจรรวมที่เป็นไอซีตัวเล็กๆ เพียงตัวเดียวที่ใช้งานง่ายเพียงแค่ออกกับอุปกรณ์ภายนอกไม่กี่ตัวก็สามารถที่จะใช้งานได้แล้วทำให้ใช้งานได้ , สะดวก ประหยัดอย่างยิ่ง

หลักการทํางานเบื้องต้นของวงจร PLL ก็มาจาก วิธีระบบการป้อนกลับซึ่งจะมี ส่วนประกอบ 3 ส่วนที่สำคัญ ตามบล็อกไดอะแกรมที่แสดงในรูปที่ 3.4 คือวงจร Phase Detector , Low Pass Filter และ Voltage Controller Oscillator

ในขณะที่ยังไม่มีสัญญาณป้อนเข้ามา  $V_d$  จะเท่ากับศูนย์และตัวที่ VCO จะผลิตความถี่แบบที่เรียกว่า Free - running เท่ากับ  $f_o$  เมื่อมีอินพุต  $V_s$  ป้อนเข้ามามีความถี่ที่เท่ากับ  $f_s$  วงจรเฟสดีเทคเตอร์จะทำหน้าที่เปรียบเทียบเฟสและความถี่ของสัญญาณที่เข้ามากับ สัญญาณที่ผลิตจาก VCO ถ้า  $f_s$  และ  $f_o$  แตกต่างกันได้ค่า  $V_e$  ( Error Voltage ) จากเอาต์พุตของเฟสดีเทคเตอร์ผ่านทาง LPF เป็น  $V_d$  ไปเข้า VCO ก็เพื่อปรับความถี่  $f_o$  ให้เท่ากับ  $f_s$  และเมื่อ  $f_o$  เท่ากับ  $f_s$  ก็คือ สภาวะลอคหรือซิงค์ ค่าเอาต์พุตจากเฟสดีเทคเตอร์  $V_e$  จะเป็นศูนย์และ  $V_d$  ก็เท่ากับศูนย์



รูปที่3.5 แสดงบล็อกไดแกรมของวงจร PLL

ในเรื่อง PLL มีคำอยู่ 2 คำที่มักใช้งานบ่อยและมักเข้าใจความหมายที่สับสนกันบ่อยคือ Lock Range และ Capture Range

Lock Range คือ ย่านความถี่ที่ใกล้เคียงกับ fo ซึ่ง PLL ยังสามารถที่ล็อกกับสัญญาณที่เข้ามา ค่าของ Lock Range จะลดลงเมื่อเกณฑ์การขยายทั้งหมดของ PLL ลดลง

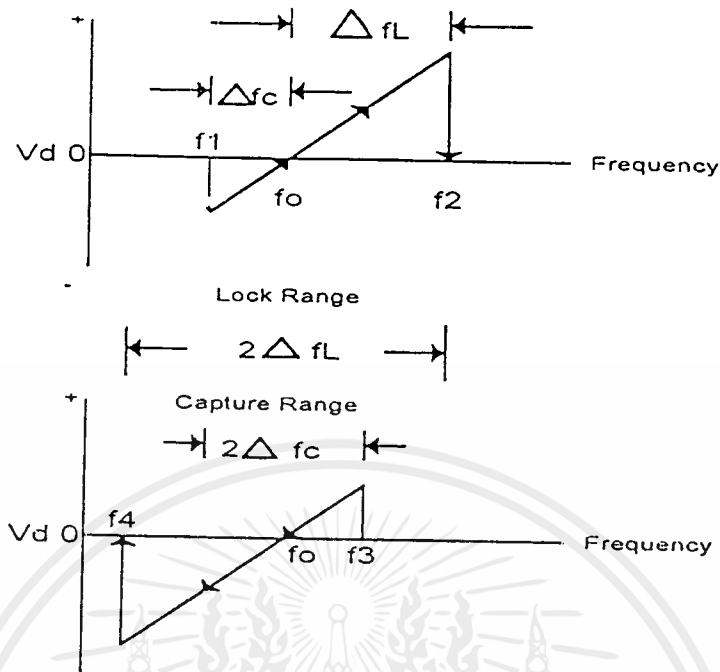
Capture Range คือ ย่านความถี่ที่ใกล้เคียงกับ fo ที่ PLL เริ่มล็อกกับสัญญาณที่เข้ามา ค่าของ Capture Range ค่าของ Capture Range ขึ้นอยู่กับแบนด์วิดธ์ของ LPF คือ ค่าจะลดลงหากแบนด์วิดธ์แคบและปกติค่าของ Capture Range จะมีค่าน้อยกว่า Lock Range

เพื่อการเข้าใจกับค่าทั้งสองลองพิจารณารูปที่ 5.6 ที่แสดงคุณสมบัติลักษณะระหว่างความถี่และค่า Error Voltage ของ PLL จากรูปที่ 3.6 สมมุติว่าสัญญาณที่จะเข้ามาที่มีความถี่ค่อยๆ เปลี่ยนจากต่ำไปสูง ตอนแรกจะยังไม่ทำอะไรเกิดขึ้นและ Vd เท่ากับศูนย์ จนกระทั่งความถี่ของสัญญาณที่เข้ามา fs ซึ่งเป็นความถี่ต่ำสุดของ Capture Range ทำให้ PLL เริ่มล็อกกับ fs และ Vd มีค่าเป็นลบ แต่ในที่นี้เราสมมุติว่า fs เปลี่ยนไปเรื่อยๆซึ่งจะทำให้ค่าของ Vd เป็นลบน้อยลงจนกระทั่ง fs = fo ทำให้ Vd เท่ากับศูนย์ จากนั้น Vd จะเริ่มเป็นบวกและจะมากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่ง fs = f2 ซึ่งเป็นความถี่สูงสุดของ Lock Range จะทำให้ fs หลุดจากการล็อกและ Vd เท่ากับศูนย์

แต่ในทางกลับกันถ้า fs เปลี่ยนจากสูงมาต่ำให้พิจารณาจากรูปเห็นว่า ตัว PLL จะล็อกเมื่อ fs = f3 อันเป็นค่าสูงสุดของ Capture Range ทำให้ Vd มีค่าเป็นบวกทันที เมื่อ fs ลดลงจน fs = fo จะได้ Vd เท่ากับศูนย์ แล้วมีค่าเป็นลบมากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่ง fs = f4 ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดของ Lock Range จะทำให้ fs หลุดจากการล็อกของ PLL และ Vd จะกลับไปเป็นศูนย์อีกครั้ง เราสรุปได้ว่า

$$\text{Lock Range} = f2 - f4 \quad (1)$$

$$\text{Capture Range} = f3 - f1 \quad (2)$$



รูปที่ 3.6 แสดงคุณลักษณะระหว่างความถี่กับ Error Voltage ของวงจร PLL

ในการใช้งานของ PLL มีการนำไปใช้งานได้หลายอย่างเช่นการนำไปใช้งานเป็น วงจรออสซิลเลเตอร์ , โทนาดีโคดีเคอร์ , เป็นต้นและการใช้งานมีสูตรที่จะใช้ในการคำนวณคือ

$$f_0 = 1.1 / (R1 * C1) \quad \text{Hz}$$

$$C2 = 130 / f_0 \quad \text{uf}$$

$$C3 = 2 * C2 \quad \text{uf}$$

### 3.4 ส่วนของวงจรขับโซลินอยด์วาล์ว

ส่วนของวงจรขับโซลินอยด์วาล์วนี้แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของวงจรโซลินอยด์ที่ทำหน้าที่ในการจ่ายน้ำและจ่ายน้ำหอม โดยวงจรทั้งสองส่วนมีลักษณะวงจรเหมือนกันทุกประการ การทำงานของมันจะต่ออยู่กับ MCS - 51 ที่ พอร์ต 10 - 17 ในกรณีที่เป็นวงจรโซลินอยด์น้ำและต่ออยู่กับพอร์ต 20 - 27 ในกรณีที่เป็นโซลินอยด์น้ำหอมวงจรทั้งสองจะทำงานได้ก็ต่อเมื่อได้รับโลจิก 0 มาจาก MCS - 51 จากนั้นจะเข้าวงจร NOT GATE เพื่อที่จะทำการแปลงค่า 0 ให้กลับไปเป็นโลจิก 1 เพื่อนำไปกระตุ้นที่ขา BASE ของ ตัวทรานซิสเตอร์ 1061 ทำให้ตัวทรานซิสเตอร์ ON แต่ในวงจรนั้นเราใช้รีเลย์แทนโซลินอยด์เพื่อเป็นการจำลองการทำงาน

### 3.5 ส่วนวงจรภาคจ่ายไฟเลี้ยง

เป็นวงจรที่ทำหน้าที่ในการจ่ายไฟเลี้ยงมาให้แก่วงจรทั้งหมด โดยใช้ไฟเลี้ยง 5 Volt ในการใช้งานจริงนั้นอาจจะนำ Adapter มาใช้งานอันเป็นการสะดวกมากกว่า เนื่องจากมีจำหน่ายและสะดวกในการติดตั้งอีกด้วย

\*\*\*\*\*



## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

จากทฤษฎีและหลักการได้นำมาออกแบบและสร้างวงจรและจัดทำเป็นแผ่นวงจร พร้อมทั้งทำการลงอุปกรณ์ทุกตัวพร้อมทำการทดสอบการทำงานของวงจรในแต่ละส่วนก่อนที่จะทำการประกอบเป็นเครื่องสำเร็จรูป ในการทดสอบในแต่ละส่วนมีผลการทดสอบดังจะแสดงไว้คือ

#### 4.1 ส่วนของวงจร MCS - 51

ก่อนการทดลองในส่วนของวงจรมัน MCS - 51 นั้นต้องทำการนำตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51 ไปทำการบันทึกโปรแกรมการทำงานลง ในส่วนของหน่วยความจำโปรแกรมที่อยู่ภายในตัวของ MCS - 51 ก่อน จากนั้นการสุ่มเวลาที่ใช้ในการตั้งเวลาในการจ่ายน้ำและน้ำหอม เพื่อที่นำค่านี้ไปใช้ตั้งค่า ในโปรแกรมหน่วงเวลาที่มีอยู่ในโปรแกรมหลักของระบบจากนั้นทำการทดลองในพอร์ทที่ 0 , 1 , 2 ว่าการทำงานเป็นไปตามที่กำหนดหรือไม่

6.1 ประกอบวงจรในส่วนของ MCS - 51 ตามรูป

6.2 จากนั้นทำการป้อนโลจิก 1 เข้าที่พอร์ท 0 , 1 , 2 ทุกพอร์ทย่อย

6.3 จากนั้นทำการป้อนโลจิก 0 เข้าที่พอร์ท 0 , 1 , 2 ทุกพอร์ทย่อย ตามลำดับที่ละพอร์ทย่อย จากนั้นทำการบันทึกผลการทำงานและสรุปการทำงานทุกพอร์ทในเวลา 15 วินาทีทุกครั้งที่ทำการป้อนโลจิก 0 แก่พอร์ท 00 - 07 โดยเริ่มนับเวลาตั้งแต่เริ่มป้อนโลจิก 0 ผลได้ดังนี้

**ผลการทำงาน**      หากว่าทำป้อนโลจิก 0 เข้าที่พอร์ท 00 ทำให้โลจิกเปลี่ยนแปลลงจากโลจิก 1 มาเป็น 0 ทำให้โลจิกที่พอร์ท 10 เปลี่ยนจาก 1 มาเป็น 0 และจากนั้นชุดวงจร RELAY ของน้ำจะทำงานเป็นเวลา 3 วินาทีแล้วหยุด จากนั้นทำการป้อนโลจิก 1 เข้าที่พอร์ท 00 ให้กลับเป็น 1 ตามเดิม จากนั้น RELAY ของน้ำจะทำงานครั้งใหม่เป็นเวลา 5 วินาทีแล้วหยุด และเมื่อทำการจับเวลาจนครบ 15 วินาที ตัว RELAY ของน้ำหอมจะทำงานเป็นเวลา 5 วินาทีจากนั้นจะกลับสู่สภาวะปกติ

เมื่อทำการทดลองครบทุกพอร์ทปรากฏว่าการทำงานของทุกพอร์ทเป็นดังการทดลองในขั้นต้น ดังนั้นการทำงานเป็นไปตามที่กำหนดไว้

#### 4.2 ส่วนของวงจรภาคส่งอินฟาเรด

เราทำการแบ่งส่วนการทดลองออกเป็น 2 ส่วนคือ ในส่วนของวงจรอะอสเตเบิลที่ผลิตความถี่ต่ำออกมาและส่วนวงจรอะอสเตเบิลที่ผลิตความถี่สูงออกมา โดยจะทำการทดลองแต่ตัววงจรส่วนที่เป็นวงจรความถี่ต่ำก่อนเพียงอย่างเดียว โดยการเปิดวงจรความถี่สูงออกก่อนจากนั้นทำการวัดสัญญาณที่ทางเอาต์พุท

**ผลการทดลอง** จากการที่กำหนดค่าความถี่ของวงจรภาคแรกไว้ให้ผลิตความถี่เท่ากับ 39 Hz. เมื่อทำการคำนวณ ความต้านทานและค่าตัวเก็บประจุเรียบร้อยแล้วทำการใส่ลงในวงจรและทำการป้อนแรงดัน แล้วทำการวัดค่าสัญญาณที่ออกมาปรากฏว่าได้เป็นสัญญาณที่เป็น Square Wave ที่มีความถี่ประมาณ 39 Hz.

จากนั้นทำการเชื่อมต่อวงจรทั้งสองเข้าด้วยกัน แล้วทำการจ่ายไฟเลี้ยงแล้วทำการวัดสัญญาณที่ทางด้านเอาต์พุตออกมา

**ผลการทดลอง** จากการที่กำหนดค่าความถี่ของวงจรภาคที่สองเอาไว้ ให้ผลิตความถี่เท่ากับ 49 KHz. เมื่อทำการคำนวณค่าความต้านทานและค่าตัวเก็บประจุแล้วทำการต่อลงในวงจรแล้วทำการป้อนแรงดันวงจร แล้วทำการวัดค่าสัญญาณทางด้านเอาต์พุตออกมาผลปรากฏว่าได้ ลักษณะสัญญาณเหมือนวงจรในภาคแรกที่เป็นสัญญาณ Square Wave ที่มีความถี่ 39 Hz. แต่ในส่วนที่เป็นโลจิก 0 จะมีความถี่ 49 KHz. แฝงอยู่

#### 4.3 ส่วนวงจรภาครับอินฟาเรด

วงจรส่วนสำคัญที่สุดในภาคนี้คือวงจร PLL ที่ใช้ไอซี NE567 ดังนั้นเราจะทำการทดลองในส่วนของวงจร PLL โดยวงจรนี้เรากำหนดความถี่ที่ต้องการล็อคไว้คือ 39 Hz. การทดลองของเราจะเริ่มจากทำการคำนวณค่าของตัวต้านทานและตัวเก็บประจุแล้วนำมาต่อลงในวงจร

1. ทำการจ่ายไฟเลี้ยงให้แก่วงจร
2. ทำการนำวงจรจากภาคส่งอินฟาเรดมาใช้เป็นตัวส่งอินฟาเรดจากนั้น
3. ทำการวัดสัญญาณทางเอาต์พุตของวงจร PLL พร้อมทั้งสังเกตการทำงานของ RELAY ที่ต่ออยู่และทำการวัดค่าแรงดันที่ทางเอาต์พุตของ RELAY ตอนที่ไมทำงานและขณะทำงานแล้วทำการบันทึกผลการทำงาน พร้อมทั้งสังเกตการเปลี่ยนแปลงเมื่อหัววัตถุมาบังอินฟาเรดที่ส่งมาจากภาคส่งที่เอาต์พุตของภาครับ

**ผลการทำงาน** เมื่อทำการป้อนแรงดันและทำการต่อวงจรภาคส่งกับวงจรภาครับเข้าด้วยกันและทำการวัดสัญญาณทางเอาต์พุตของ PLL ปรากฏได้สัญญาณเป็นรูป Square Wave ความถี่ประมาณ 39 Hz. และค่าโลจิกทางเอาต์พุตมีค่าเป็น 1 ตลอดและ ค่าแรงดันเอาต์พุต RELAY = 5 Volt หรือเป็นโลจิก 1 แต่หากหัววัตถุมาบังจะทำให้วงจร PLL มีค่าโลจิกเป็น 0 และตัว RELAY จะทำงานค่าแรงดันทางเอาต์พุตของ RELAY มีค่าเป็น 0 Volt และ จากการทดลอง ปรากฏว่าการทำงานเป็นไปตามที่เราคาดหวังเอาไว้และเมื่อเรานำวงจรทั้งหมดมาทำการต่อใช้งานร่วมกันปรากฏว่าสามารถที่จะทำงานได้ตามปกติ

## บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์

### บทสรุป

จากผลงานและผลการทดลองที่ได้รับของโครงการนี้พอสรุปได้ว่าประสบความสำเร็จ ในด้านการทำงานตามเงื่อนไขหลักๆที่ได้วางไว้คือ การทำงานของระบบสุขภัณฑ์อัตโนมัตินี้จะต้องมีความสามารถในการควบคุมการทำงานสุขภัณฑ์ได้จำนวน 8 ชุด โดยที่แต่ละชุดจะต้องใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมการทำงานที่มีลำดับการทำงานคือหากว่ามีการตรวจเช็คได้ว่ามีการใช้สุขภัณฑ์ตัวใดแล้ว สุขภัณฑ์ตัวนั้นจะต้องทำการปล่อยน้ำไปล้างในครั้งแรกก่อนและจากนั้นหลังที่ผู้ใช้ เดินออกไปโดยที่มีข้อแม้ว่าไม่ว่าจะยืนอยู่นานเท่าไรก็ตาม จะต้องปล่อยน้ำไปล้างอีกเป็นครั้งที่ 2 และจะมีการปล่อยน้ำหอมออกไป หลังจากมีการใช้งานในครั้งแรกสุดเป็นเวลาตามค่าที่เราตั้งเอาไว้และจะทำการปล่อยน้ำหอมออกไปทุกๆ เวลาที่ได้ตั้งไว้

จากข้อกำหนดดังกล่าวได้มีการสร้างออกมาเป็นรูปธรรมเกิดเป็นวงจรการทำงานที่สามารถจะใช้งานได้จริงตามเงื่อนไขการทำงานที่ตั้งเอาไว้ โดยเราสามารถที่จะแบ่งส่วนประกอบของวงจรออกเป็นส่วนๆดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว ทำให้การทำงานสามารถที่จะบรรลุตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้คือ

1. สามารถที่จะอำนวยความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้ โดยที่ผู้ใช้ไม่ต้องทำอะไรเลยหลังจากใช้แล้ว เนื่องจากก่อนใช้งานก็มีการปล่อยน้ำออกมาล้างสุขภัณฑ์ก่อน แล้วหลังจากใช้ก็มีการปล่อยน้ำมาล้างอัตโนมัติและมีการปล่อยน้ำหอมออกไปอัตโนมัติเพื่อสุขอนามัยในการใช้และบรรยากาศที่ดีในการใช้ของผู้ใช้เอง
2. สามารถลดการสิ้นเปลืองด้านค่าใช้จ่ายของค่าน้ำ เนื่องจากเราสามารถที่จะลดปริมาณการใช้น้ำ โดยที่เราสามารถที่จะควบคุมเวลาในการปล่อยน้ำได้จากโปรแกรมที่เราตั้งไว้ โดยที่ผู้ใช้ไม่ต้องมาเกี่ยวข้องกับเรื่องนี้ทำให้การปล่อยน้ำมีการปล่อยที่มีปริมาณที่แน่นอนต่อการใช้ต่อผู้ใช้ทุกคน
3. สามารถที่จะลดการเสียเวลาในการบำรุงรักษา เนื่องจากว่าในการใช้ในแต่ ละครั้งมีการทำความสะอาดเองอัตโนมัติ ทำให้สุขภัณฑ์สะอาดอยู่ตลอดเวลา โดยที่เราไม่ต้องคอยไปทำเอง แต่ทำเพียงแค่ตรวจสอบว่าตัวใดบ้างที่ชำรุดเท่านั้น
4. สามารถที่จะลดการนำเข้าจากต่างประเทศได้ เนื่องจากว่าเราใช้วงจรที่เป็นวงจรธรรมดาที่ใช้อุปกรณ์ง่ายๆ ที่สามารถที่จะผลิตเองได้ โดยจะใช้งบประมาณที่น้อยมากเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับสิ่งมาจากต่างประเทศที่มีราคาที่สูงมาก แต่จะมีความสามารถที่เท่ากันหรือใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางครั้งก็ดีกว่าของนอกที่ใช้วงจรทำงานเป็นอิสระจากกันและวงจรเป็นแบบอนาล็อกล้วนๆ และยังมีขนาดที่เล็กกว่าด้วย

5. วงจรสามารถจะเปลี่ยนแปลงเวลาในการทำงานในแต่ละขั้นตอนได้ง่าย โดยที่เราแค่ไปเปลี่ยนแปลงค่าในตัวโปรแกรมเท่านั้นไม่ต้องไปเปลี่ยนแปลง ในส่วนของฮาร์ดแวร์ให้เกิดความยุ่งยากเลย

### บทวิจารณ์

จากที่กล่าวมาแล้วทั้งทฤษฎีและปฏิบัติ เราสามารถที่จะสรุปได้ว่าตัวโครงงานนี้มีความน่าเชื่อถือได้ในระดับหนึ่ง เนื่องจากได้มีการนำเอาการทำงานของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์มาใช้ผสมผสานการทำงานที่จัดว่ามีความแม่นยำส่งผลให้ การใช้งานสามารถที่จะบรรลุวัตถุประสงค์สูงสุด ในขณะที่ราคาถูกกว่าของต่างประเทศ

การพัฒนาและปรับปรุงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อให้มีความเหมาะสม ในการใช้งานเช่น การนำวงจรที่เป็นวงจรรวมที่เป็นไอซีสำเร็จรูปมาใช้แทนการใช้ วงจรใช้ตัวทรานซิสเตอร์ ซึ่งในขณะนี้มีการนำไอซี 555 มาใช้ในวงจรภาคส่งและการลดขนาดของแผ่นวงจร ให้มีขนาดเล็กที่ลงอีก แต่การทำงานของระบบนี้ยังไม่มีความสมบูรณ์ 100 % เช่น เรื่องระยะเวลาส่งยังไม่แรงมากพอที่จะชดเชยส่วนที่ถูกดูดกลืนเนื่องจากการดูดกลืนของวัตถุที่มาบ่ง , การเพิ่มขยายจำนวนของตัวสุญญากาศจาก 8 ตัวให้มีจำนวนที่มากขึ้น , การกำหนดค่าเวลาที่สามารถใช้การตั้งค่าได้ทั้งจากใช้ตัวDIP Switch เป็นตัวเลือกได้เลย โดยที่เราจะตัดแปลงโปรแกรมให้สามารถทำงานตามเงื่อนไขที่เราต้องการข้างต้น

แต่อย่างไรก็ตามจากการที่นำระบบนี้ไปใช้งานก็จัดว่ามีความเป็นไปได้ที่จะสามารถทำงานได้ดีกว่าระบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบันและจะยังประโยชน์ได้แน่นอนตามที่ได้กล่าวข้างต้น

\*\*\*\*\*

## หนังสืออ้างอิง

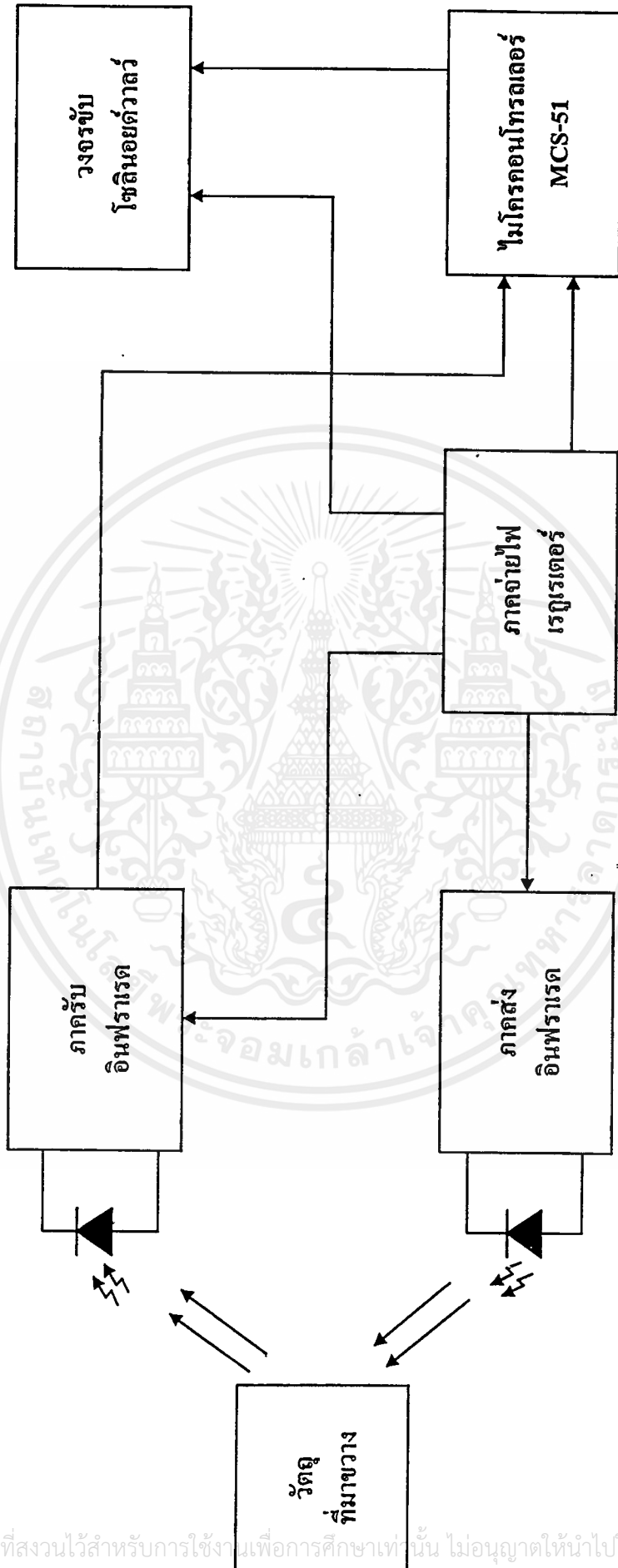
1. การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS - 51 โดย ผศ.สมยศ จุณณะปิยะ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. ทฤษฎีและการใช้งานไมโครโพรเซสเซอร์ ไอที 555 โดย ก้องเกียรติ ณ สีมา สำนักพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์วิไลด์
3. เรียนรู้และออกแบบทดลองสร้างรีโมทเคอร์รี่องควบคุมไร้สาย โดย บริษัท เมอร์คิวรี ไมโครเทคโนโลยี จำกัด
4. ทฤษฎีเบื้องต้นและการใช้งาน Z80 , 68HC11 , MCS51 / MCS96 เล่ม 1 โดย บริษัท อีทีที จำกัด
5. ทฤษฎีเบื้องต้นและการใช้งาน MCS -51 , 80C535 เล่ม 2 โดย บริษัท อีทีที จำกัด
6. LABการทดลอง PHASE LOCK LOOP ( PLL ) ภาคเรียนที่ 1 เทอม 2 โดย อาจารย์ ขวลิขิต บุญจางคประเสริฐ ภาคเทคนิค สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## ภาคผนวก ก

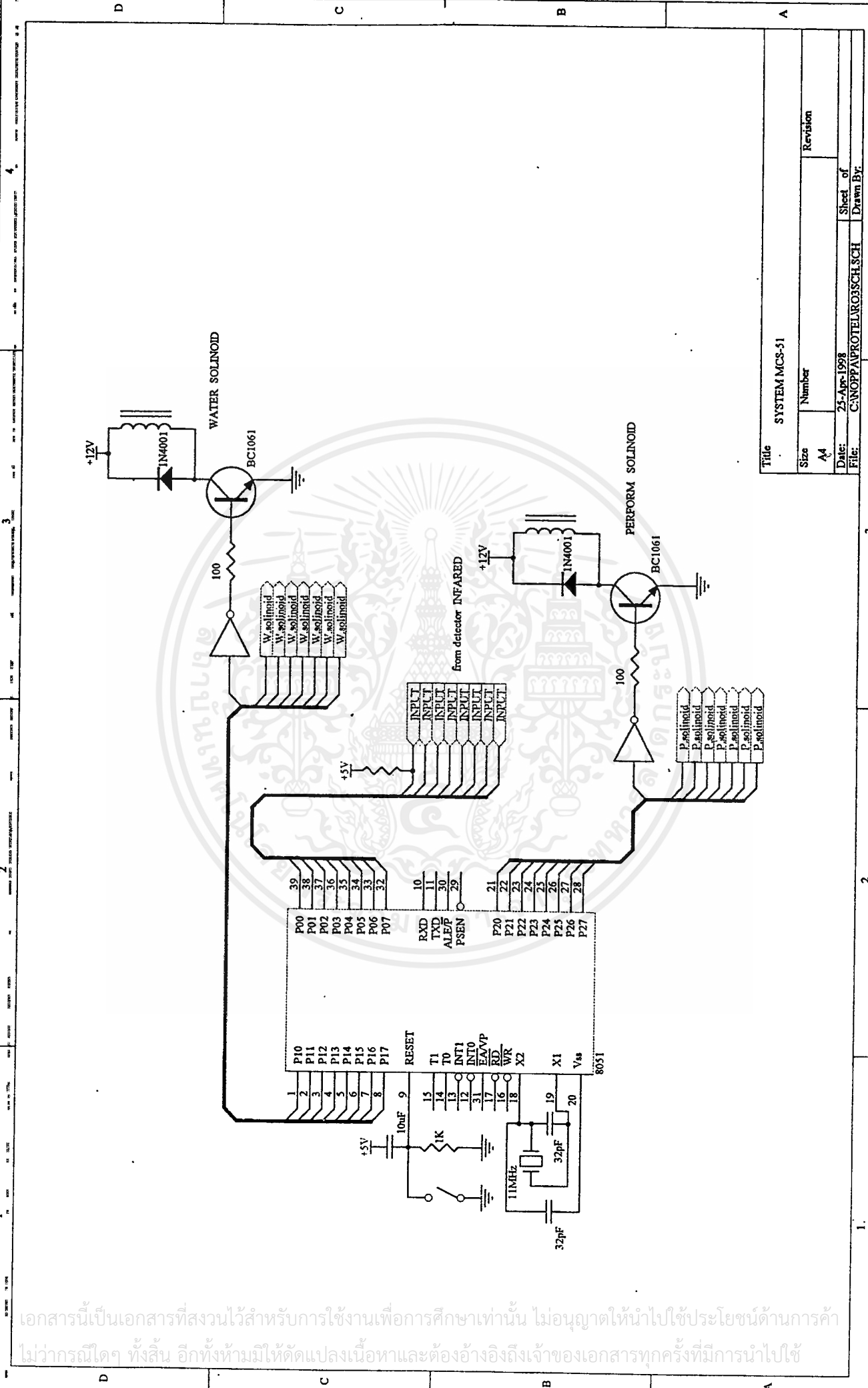


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BLOCK DIAGRAM การทำงานของระบบสุญญากาศอัตโนมัติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

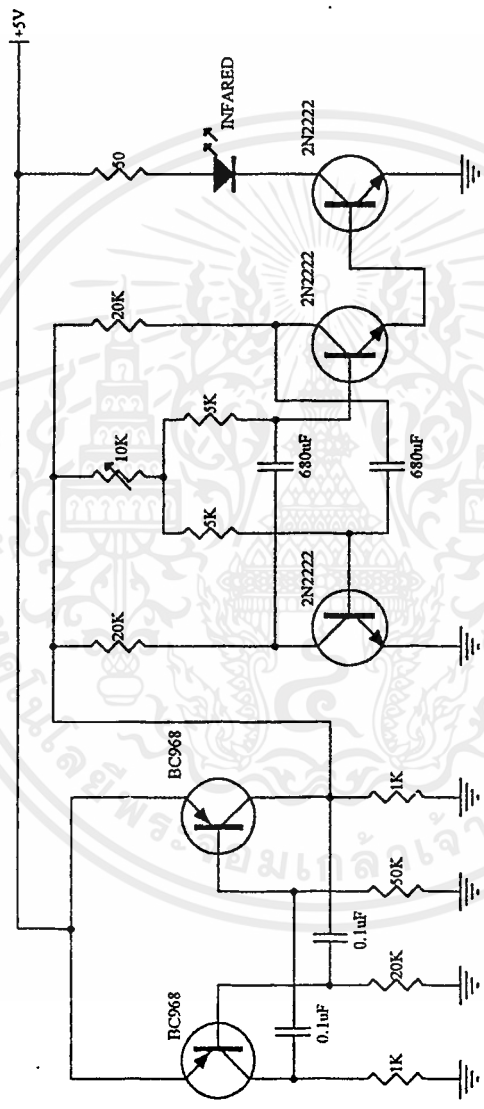


Title		SYSTEM MCS-51	
Size	Number	Revision	
A4			
Date:	25-Apr-1998	Sheet of	
File:	C:\NOPPA\PROTELAR03\SCH	Drawn By:	

1. 2. 3. 4.

1. 2. 3. 4.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Title: TRANSMISTER

Size: A4

Date: 18-Apr-1998

File: C:\NOPPA\PRO\TELAROZ.SCH

Sheet of: 4

Drawn By: 4

Revision: 3

Number: 2

Revision: 1

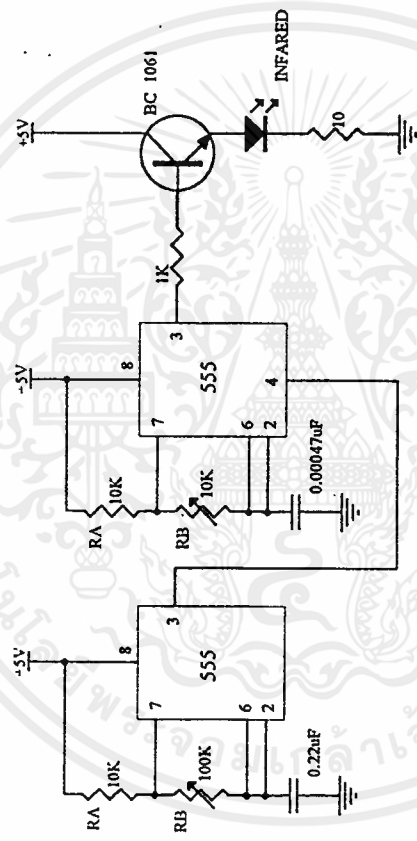
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D

C

B

A



Title: TRANSMITTER INFARED

Size: A4  
 Number: [ ]  
 Revision: [ ]

Date: 25-Apr-1998  
 File: CANOPPAPROTELRO4.SCH  
 Sheet of: [ ]  
 Drawn By: [ ]

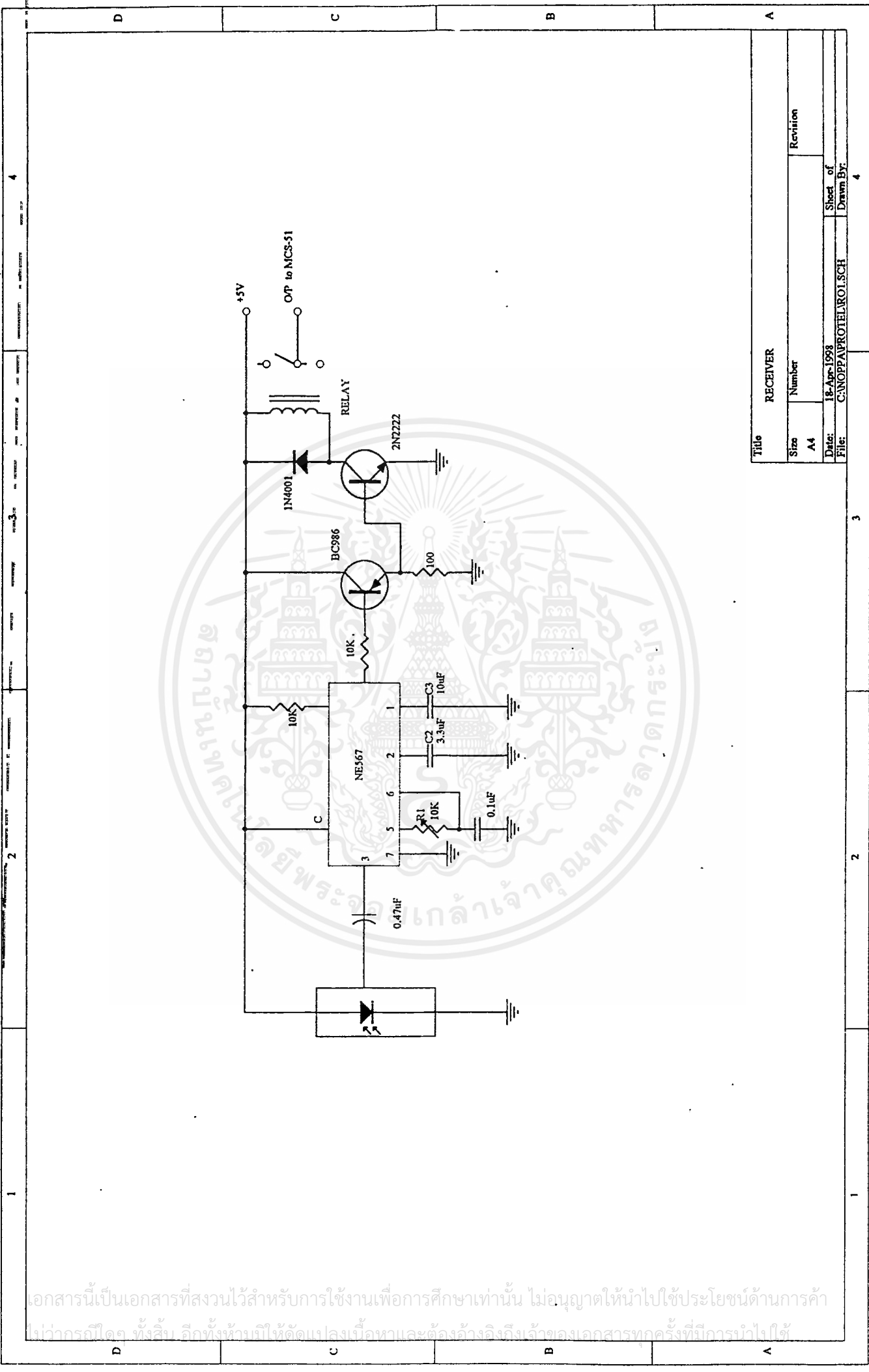
D

C

B

A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Title		RECEIVER
Size	Number	Revision
A4		
Date:	Sheet of	
File:	Drawn By:	
C:\NOFF\PROTEL\ROI.SCH	4	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่สามารถได้ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

PERFUME _TIME2 EQU 10
DETECT EQU P0
WATER EQU P1
PERFUME EQU P2

```

```

ORG 000H ; RESET

```

```

AJMP RES

```

```

ORG 003H ; IEO

```

```

AJMP IEO_INT

```

```

ORG 000BH ; TF0

```

```

AJMP TF0_INT

```

```

ORG 0013H ; IE1

```

```

AJMP IE1_INT

```

```

ORG 001BH ; TF1

```

```

AJMP TF1_INT

```

```

ORG 0023H ; R1+T1

```

```

AJMP SERIAL_INT

```

```

ORG 002BH ; TF2+EXF2

```

```

AJMP TF 2 _ EXF2 _ INT

```

```

IEO_INT : RETI
TF0_INT : PUSH ACC
TM_CHECK0: DJNZ TM _ WATER+0, TM _ CHECK1
          SETB P1.0
TM_CHECK1: DJNZ TM _ WATER+1, TM _ CHECK2
          SETB P1.1
TM_CHECK2: DJNZ TM _ WATER+2, TM _ CHECK3
          SETB P1.2
TM_CHECK3: DJNZ TM _ WATER+3, TM _ CHECK4
          SETB P1.3

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TM \_ CHECK4: DJNZ TM \_ WATER+4, TM \_ CHECK5  
SETB P1.4

TM \_ CHECK5: DJNZ TM \_ WATER+5, TM \_ CHECK6  
SETB P1.5

TM \_ CHECK6: DJNZ TM \_ WATER+6, TM \_ CHECK7  
SETB P1.6

TM \_ CHECK7: DJNZ TM \_ WATER+7, TM \_ CHECK00  
SETB P1.7

TM \_ CHECK00: DJNZ TM \_ PERFUME+0, TM \_ CHECK01  
SETB P2.0  
CLR STA \_ PERFUME.0

TM \_ CHECK01: DJNZ TM \_ PERFUME+1, TM \_ CHECK02  
SETB P2.1  
CLR STA \_ PERFUME.1

TM \_ CHECK02: DJNZ TM \_ PERFUME+2, TM \_ CHECK03  
SETB P2.2  
CLR STA \_ PERFUME.2

TM \_ CHECK03: DJNZ TM \_ PERFUME.+3, TM \_ CHECK04  
SETB P2.3  
CLR STA \_ PERFUME.3

TM \_ CHECK04: DJNZ TM \_ PERFUME+4, TM \_ CHECK05  
SET P2.4  
CLR STA \_ PERFUME.4

TM \_ CHECK05: DJNZ TM \_ PERFUME+5, TM \_ CHECK06  
SETB P2.5  
CLR STA \_ PERFUME.5

TM \_ CHECK06: DJNZ TM \_ PERFUME+6, TM \_ CHECK07  
SETB P2.6  
CLR STA \_ PERFUME.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

TM _ CHECK07:    DJNZ TM _ PERFUME+7, TIME _ SECOND
                  SETB  P2.7
                  CLR   STA _ PERFUME.7

TIME _ SECOND:   DJNZ SECOND+0, TM _ CHECKEND
                  DJNZ SECOND+1, TM _ CHECKEND
                  MOV   SECOND+0, # SECONDL
                  MOV   SECOND+1, # SECONDH

TM _ CHECK0:     MOV   A, TM2 _ PERFUME+0
                  JZ    TM2 _ CHECK1
                  DJNZ TM2 _ PERFUME+0, TM2 _ CHECK1
                  CLR   P2.0
                  MOV   TM _ PERFUME+0, # PERFUME _ TIME

TM2 _ CHECK1:   MOV   A, TM2 _ PERFUME+1
                  JZ    TM2 _ CHECK2
                  DJNZ TM2 _ PERFUME+1, TM2 _ CHECK2
                  CLR   P2.1
                  MOV   TM _ PERFUME+1, # PERFUME _ TIME

TM2 _ CHECK2:   MOV   A, TM2 _ PERFUME+2
                  JZ    TM2 _ CHECK3
                  DJNZ TM2 _ PERFUME+2, TM2 _ CHECK3
                  CLR   P2.2
                  MOV   TM _ PERFUME+2, # PERFUME _ TIME

TM _ CHECK4:    MOV   A, TM2 _ PERFUME+4
                  JZ    TM2 _ CHECK5
                  DJNZ TM2 _ PERFUME+4, TM2 _ CHECK5
                  CLR   P2.4
                  MOV   TM _ PERFUME+4, # PERFUME _ TIME

TM _ CHECK5:    MOV   A, TM2 _ PERFUME+5
                  JZ    TM2 _ CHECK6

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

DJNZ TM2 _ PERFUME+5, TM2 _ CHECK6
CLR P2.5
MOV TM _ PERFUME+5, #PERFUME _ TIME
TM2 _ CHECK6: MOV A, TM2 _ PERFUME+6
JZ TM2 _ CHECK7
DJNZ TM2 _ PERFUME+6, TM2 _ CHECK7
CLR P2.6
MOV TM _ PERFUME+6, #PERFUME _ TIME
TM2 _ CHECK7: MOV A TM2 _ PERFUME+7
JZ TM _ CHECKEND
DJNZ TM2 _ PERFUME+7, TM _ CHECKEND
CLR P2.7
MOV TM _ PERFUME+7, #PERFUME _ TIME
TM _ CHECKEND: POP ACC
RETI
IE1 _ INT: RETI
TF1 _ INT: PUSH ACC
POP ACC
RETI
RETI
SERIAL _ INT: RETI
TF _ EXF2 _ INT: RETI

;..... RESET.....
RES: MOV R2, #040H ;POWER UP RELAY
RESET1: MOV R3, #000H
DJNZ R3, S
DJNZ R2, RESET1
MOV SP, #SYSSTACK ;SET SYSTEM STACK

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

..... SET TIMER/COUNTER.....

```
MOV  TMOD, #011H ;G1, C/T, M1, M0, GO, C/T, M1, M0
MOV  TCON, #0F0H ;TF1,TR1, TF0, TR0, IE1, IT1, IE0, IT0
```

.....SET INTERRUPT.....

```
MOV  IE, #000H      ; EA, -, ET2, ES, ET1, EX1, ET0, EX0
      AJMP  SETUP
```

.....MAIN.....

```
SETUP  SETB  IT0      ;ENABLE TRIGER INTERRUPT 0
        CLR   EX0     ;DISABLE EXTERNAL INTERRUPT 0
        SETB  ET0     ;ENABLE TIMER 1 INTERRUPT
        CLR   ET1     ;DISABLE TIMER 1 INTERRUPT
        CLR   ES      ;DISABLE SERIAL INTERRUPT
        SETB  EA      ;ENABLE INTERRUPT CONTROL
        SETB  TR0     ;START TIMER 0
        SETB  TR1     ;START TIMER 1
        MOV   TM2 PERFUME+0, #000H
        MOV   TM2 PERFUME+1, #000H
        MOV   TM2 PERFUME+2, #000H
        MOV   TM2 PERFUME+3, #000H
        MOV   TM2 PERFUME+4, #000H
        MOV   TM2 PERFUME+5, #000H
        MOV   TM2 PERFUME+6, #000H
        MOV   TM2 PERFUME+7, #000H
        MOV   SECOND+0, #SECONDL
        MOV   SECOND+1, #SECONDH
        MOV   P1, #0FFH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV P2, #0FFH
```

```
;..... START OF MAIN PROGRAM.....
```

```
MAIN:
```

```
MOV A, P0
```

```
MOV P0_OLD, A
```

```
MOV P0_NEW, A
```

```
TEST2
```

```
MOV A, P0
```

```
MOV P0_NEW, A
```

```
XAL A, P0_OLD
```

```
MOV P0_COMPARE, A
```

```
MOV A, P0_NEW
```

```
MOV P0_OLD, A
```

```
CHECK_0:
```

```
JNB P0_COMPARE 0, CHECK_1
```

```
CLR P1.0
```

```
MOV TM_WATER+0, #WATER_TIME
```

```
JB STA_PERFUME . 0, CHECK_1
```

```
SETB STA_PERFUME. 0
```

```
MOV TM2_PERFUME+0, #PERFUME_TIME2
```

```
CHECK_1:
```

```
JNB P0_COMPARE.1, CHECK_2
```

```
CLR P1.1
```

```
MOV TM_WATER+1, #WATER_TIME
```

```
JB STA_PERFUME . 1, CHECK_2
```

```
SETB STA_PERFUME . 1
```

```
MOV TM2_PERFUME +1, # PERFUME_TIME2
```

```
CHECK_2 :
```

```
JNB P0_COMPARE . 2 , CHECK_3
```

```
CLR P1 . 2
```

```
MOV TM_WATER + 2 ,#WATER_TME
```

```
JB STA_PERFUME . 2 , CHECK_3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SETB STA_PERFUME . 2
MOV TM2_PERFUME + 2 ,#PERFUME_TIME2
CHECK_3: JNB PO_COMPARE.3, CHECK_4
CLR P1.3
MOV TM_WATER+3, #WATER_TIME
JB STA _ PERFUME.3, CHECK_4
SETB STA_PERFUME.3
MOV TM2_PERFUME+3, #PERFUME_TIME2
CHECK_4: JNB PO_COMPARE.4, CHACK_5
CLR P1.4
MOV TM_WATER+4, #WATER_TIME
JB STA_PERFUME04, CHECK_5
SETB STA_PERFUME.4
MOV TM2_PERFUME+4,#PERFUME_TIME2
CHECK_5: JNB COMPARE.5,CHAEK_6
CLR P1.5
MOV TM_WATER+5,#WATER_TIME
JB STA_PERFUME.5,CHACK_6
SETB STA_PERFUME.5
MOV TM2_PERFUME+5,#PERFUME_TIME2
CHACK_6: JNB PO_COMPARE.6,CHACK_7
CLR P1.6
MOV TM_WATER+6,#WATER_TIME
JB STA_PERFUME.6,CHECK_7
SETB STA_PERFUME.6
MOV TM2_PERFUME+6,#PERFUME_TIME2
CHECK_7: JNB PO_COMPARE.7,CHECK_8
CLR P1.7
MOV TM_WATER+7,#WATER_TIME

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

JB STA_PERFUME.7,CHECK_8
SETB STA_PERFUME.7
MOV TM2_PERFUME+7,#PERFUME_TIME2
CHECK_8: AJMP TEST2
;..... END OF MAIN PROGRAM.....
END

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ค



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# 80C51FA/83C51FA EVENT-CONTROL CHMOS SINGLE-CHIP 8-BIT MICROCONTROLLER

Automotive

- Extended Automotive Temperature Range  
(-40°C to +125°C Ambient)
- High Performance CHMOS Process
- Three 16-Bit Timer/Counters  
— Timer 2 is an Up/Down Timer/Counter
- Programmable Counter Array with:  
— High Speed Output,  
— Compare/Capture,  
— Pulse Width Modulator,  
— Watchdog Timer Capabilities
- 8K On-Chip ROM
- 256 Bytes of On-Chip Data RAM
- Boolean Processor
- 32 Programmable I/O Lines
- 7 Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel with:  
— Framing Error Detection  
— Automatic Address Recognition
- TTL and CMOS Compatible Logic Levels
- 64K External Program Memory Space
- 64K External Data Memory Space
- MCS<sup>®</sup> 51 Microcontroller Fully Compatible Instruction Set
- Power Saving Idle and Power Down Modes
- ONCE (On-Circuit Emulation) Mode
- Available in PLCC and PDIP Packages  
(See Packaging Specification, Order #231369)
- Available in 12 MHz and 16 MHz Versions

## MEMORY ORGANIZATION

**PROGRAM MEMORY:** Up to 8 Kbytes of the program memory can reside in the on-chip ROM. In addition the device can address up to 64K of program memory external to the chip.

**DATA MEMORY:** This microcontroller has a 256 x 8 on-chip RAM. In addition it can address up to 64 Kbytes of external data memory.

The Intel 80C51FA/83C51FA is a single-chip control oriented microcontroller which is fabricated on Intel's CHMOS III (83C51FA) ROM technology. For the remainder of this datasheet references to the ROMless (80C51FA) and ROM (83C51FA) versions will be denoted as 83C51FA. Being a member of the MCS 51 microcontroller family, the 83C51FA uses the same powerful instruction set, has the same architecture, and is pin-for-pin compatible with the existing MCS 51 microcontroller products. The 83C51FA is an enhanced version of the 87C51. It's added features make it an even more powerful microcontroller for applications that require Pulse Width Modulation, High Speed I/O, and up/down counting capabilities such as brake and traction control. It also has a more versatile serial channel that facilitates multi-processor communications.

## NOTICE:

This datasheet contains information on products in full production. Specifications within this datasheet are subject to change without notice. Verify with your local Intel sales office that you have the latest datasheet before finalizing a design.

\*Other brands and names are the property of their respective owners.

Information in this document is provided in connection with Intel products. Intel assumes no liability whatsoever, including infringement of any patent or copyright, for sale and use of Intel products except as provided in Intel's Terms and Conditions of Sale for such products. Intel retains the right to make changes to these specifications at any time, without notice. Microcomputer Products may have minor variations to this specification known as errata.

COPYRIGHT © INTEL CORPORATION, 1995

February 1995

Order Number: 270501-007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

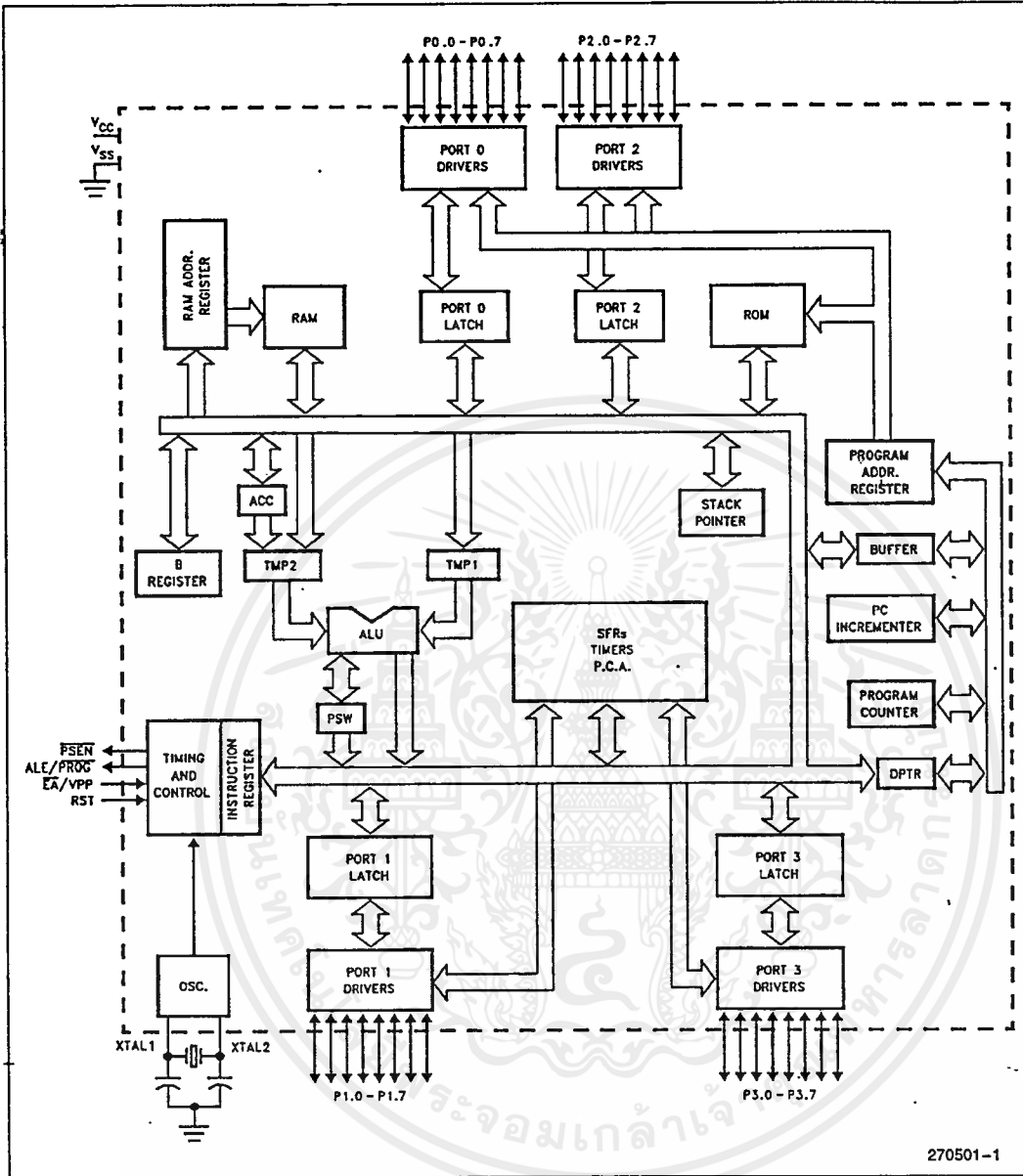


Figure 1. 83C51FA Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**PIN DESCRIPTIONS**

**V<sub>CC</sub>**: Supply voltage:

**V<sub>SS</sub>**: Circuit ground.

**Port 0**: Port 0 is an 8-bit, open drain, bidirectional I/O port. As an output port each pin can sink several LS TTL inputs. Port 0 pins that have 1's written to them float, and in that state can be used as high-impedance inputs.

Port 0 is also the multiplexed low-order address and data bus during accesses to external Program and Data Memory. In this application it uses strong internal pullups when emitting 1's, and can source and sink several LS TTL inputs.

Port 0 outputs the code bytes during program verification. External pullup resistors are required during program verification.

**Port 1**: Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can drive LS TTL inputs. Port 1 pins that have 1's written to them are pulled high by the internal pullups, and in that state can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally pulled low will source current (I<sub>IL</sub> on the datasheet) because of the internal pullups.

In addition, Port 1 serves the functions of the following special features of the 83C51FA:

Port Pin	Alternate Function
P1.0	T2 (External Count Input to Timer/Counter 2)
P1.1	T2EX (Timer/Counter 2 Capture/Reload Trigger and Direction Control)
P1.2	ECI (External Count Input to the PCA)
P1.3	CEX0 (External I/O for Compare/Capture Module 0)
P1.4	CEX1 (External I/O for Compare/Capture Module 1)
P1.5	CEX2 (External I/O for Compare/Capture Module 2)
P1.6	CEX3 (External I/O for Compare/Capture Module 3)
P1.7	CEX4 (External I/O for Compare/Capture Module 4)

**Port 2**: Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can drive LS TTL inputs. Port 2 pins that have 1's written to them are pulled high by the internal pullups, and in that state can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally pulled low will source current (I<sub>IL</sub> on the datasheet) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external Program Memory and during accesses to external Data Memory that use 16-bit addresses (MOVX @DPTR). In this application it uses strong internal pullups when emitting 1's. During accesses to external Data Memory that use 8-bit

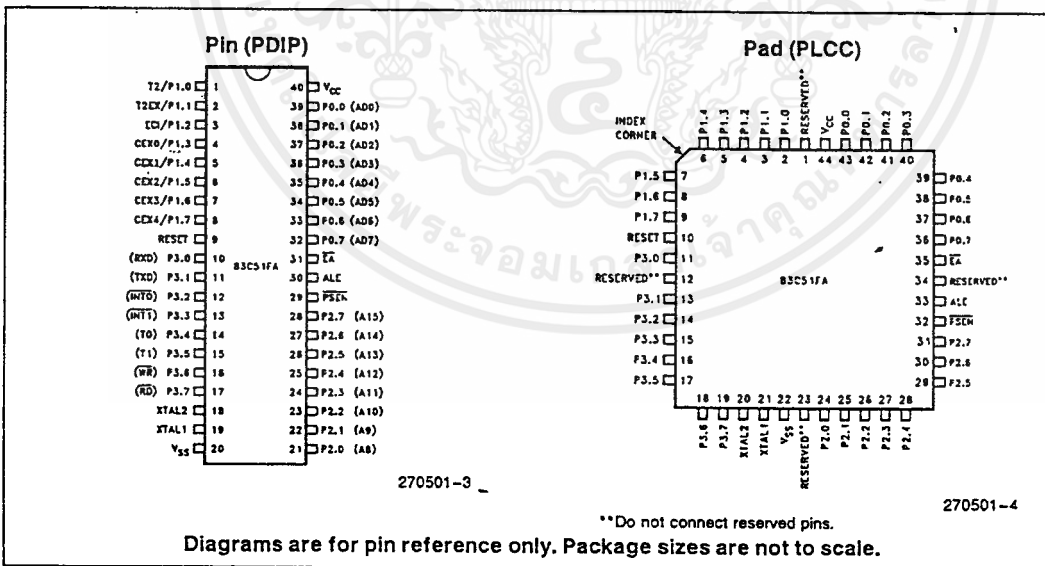


Figure 3. Pin Connections



**EXPLANATION OF THE AC SYMBOLS**

Each timing symbol has 5 characters. The first character is always a 'T' (stands for time). The other characters, depending on their positions, stand for the name of a signal or the logical status of that signal. The following is a list of all the characters and what they stand for.

- A: Address
- C: Clock
- D: Input Data
- H: Logic level HIGH
- I: Instruction (program memory contents)

- L: Logic level LOW, or ALE
- P: PSEN
- Q: Output Data
- R: RD signal
- T: Time
- V: Valid
- W: WR signal
- X: No longer a valid logic level
- Z: Float

For example,

- T<sub>AVLL</sub> = Time from Address Valid to ALE Low
- T<sub>LLPL</sub> = Time from ALE Low to PSEN Low

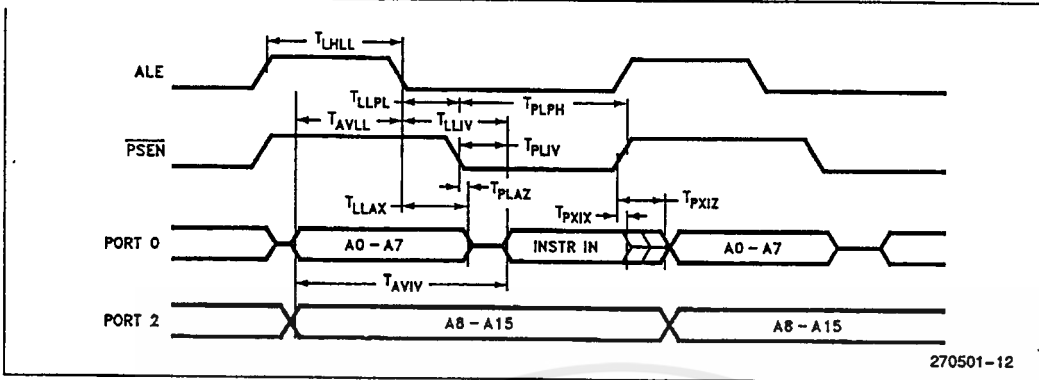
**AC CHARACTERISTICS** (T<sub>A</sub> = -40°C to +125°C, V<sub>CC</sub> = 5V ± 10%, V<sub>SS</sub> = 0V, Load Capacitance for Port 0, ALE/P<sub>ROG</sub> and PSEN = 100 pF, Load Capacitance for All Other Outputs = 80 pF)

**EXTERNAL MEMORY CHARACTERISTICS**

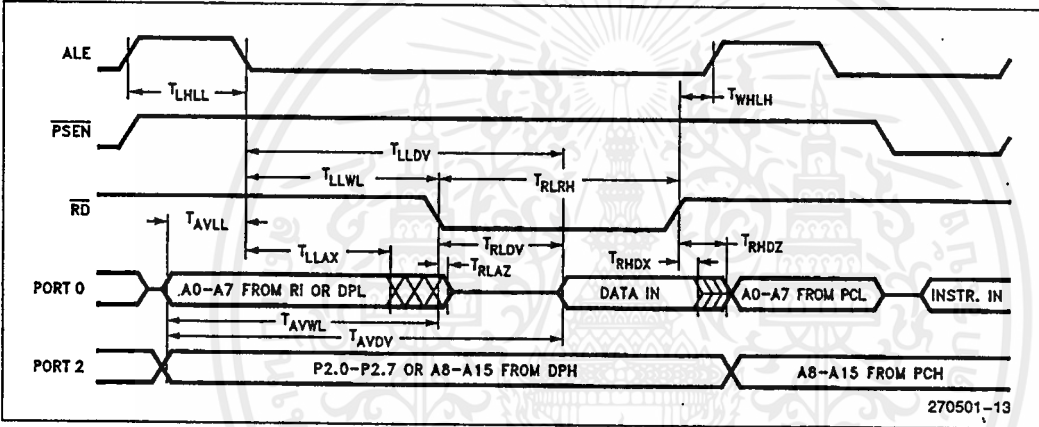
Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
1/T <sub>CLCL</sub>	Oscillator Frequency			3.5	16	MHz
T <sub>LHLL</sub>	ALE Pulse Width	127		2T <sub>CLCL</sub> - 40		ns
T <sub>AVLL</sub>	Address Valid to ALE Low	43		T <sub>CLCL</sub> - 40		ns
T <sub>LLAX</sub>	Address Hold After ALE Low	53		T <sub>CLCL</sub> - 30		ns
T <sub>LLIV</sub>	ALE Low to Valid Instruction In		224		4T <sub>CLCL</sub> - 110	ns
T <sub>LLPL</sub>	ALE Low to PSEN Low	53		T <sub>CLCL</sub> - 30		ns
T <sub>PLPH</sub>	PSEN Pulse Width	205		3T <sub>CLCL</sub> - 45		ns
T <sub>PLIV</sub>	PSEN Low to Valid Instruction In		135		3T <sub>CLCL</sub> - 115	ns
T <sub>PIX</sub>	Input Instr Hold After PSEN Trans	0		0		ns
T <sub>PIXZ</sub>	Input Instr Float After PSEN Trans		59		T <sub>CLCL</sub> - 25	ns
T <sub>AVIV</sub>	Address to Valid Instruction In		302		5T <sub>CLCL</sub> - 115	ns
T <sub>PLAZ</sub>	PSEN Low to Address Float		10		10	ns
T <sub>RLRH</sub>	RD Pulse Width	400		6T <sub>CLCL</sub> - 100		ns
T <sub>WLWH</sub>	WR Pulse Width	400		6T <sub>CLCL</sub> - 100		ns
T <sub>RLDV</sub>	RD Low to Valid Data In		242		5T <sub>CLCL</sub> - 175	ns
T <sub>RHDX</sub>	Data Hold After RD High	-10		-10		ns
T <sub>RHDZ</sub>	Data Float After RD High		107		2T <sub>CLCL</sub> - 60	ns
T <sub>LLDV</sub>	ALE Low to Valid Data In		507		8T <sub>CLCL</sub> - 160	ns
T <sub>AVDV</sub>	Address Valid to Valid Data In		575		9T <sub>CLCL</sub> - 175	ns
T <sub>LLWL</sub>	ALE Low to RD or WR Low	200	300	3T <sub>CLCL</sub> - 50	3T <sub>CLCL</sub> + 50	ns
T <sub>AVWL</sub>	Data Valid to WR Low	203		4T <sub>CLCL</sub> - 130		ns
T <sub>QVWX</sub>	Address Valid before WR Low	23		T <sub>CLCL</sub> - 50		ns
T <sub>WHQX</sub>	Data Hold after WR High	33		T <sub>CLCL</sub> - 50		ns
T <sub>QVWH</sub>	Data Valid to WE High	433		7T <sub>CLCL</sub> - 150		ns
T <sub>RLAZ</sub>	RD Low to Address Float		0		0	ns
T <sub>WHLH</sub>	RD or WR High to ALE High	43	123	T <sub>CLCL</sub> - 40	T <sub>CLCL</sub> + 40	ns



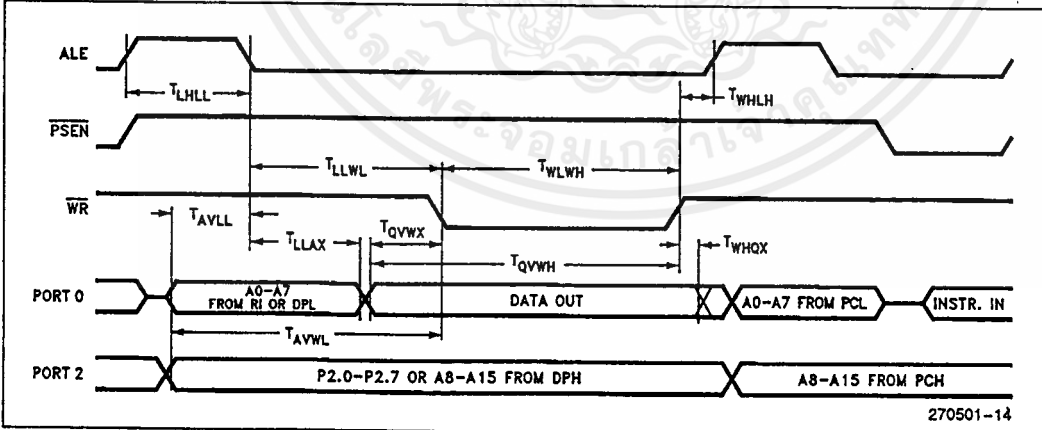
### EXTERNAL PROGRAM MEMORY READ CYCLE



### EXTERNAL DATA MEMORY READ CYCLE



### EXTERNAL DATA MEMORY WRITE CYCLE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## AUTOMOTIVE 80C51FA/83C51FA

### 80C51FA/83C51FA PRODUCT OPTIONS

Intel's extended and automotive temperature range products are designed to meet the needs of those applications whose operating requirements exceed commercial standards.

With the commercial standard temperature range, operational characteristics are guaranteed over the

temperature range of 0°C to 70°C ambient. With the extended temperature range option, operational characteristics are guaranteed over the temperature range of -40°C to +85°C ambient. For the automotive temperature range option, operational characteristics are guaranteed over the temperature range of -40°C to +125°C ambient.

As shown in Figure 2 temperature, burn-in, and package options are identified by a one- or two-letter prefix to the part number.

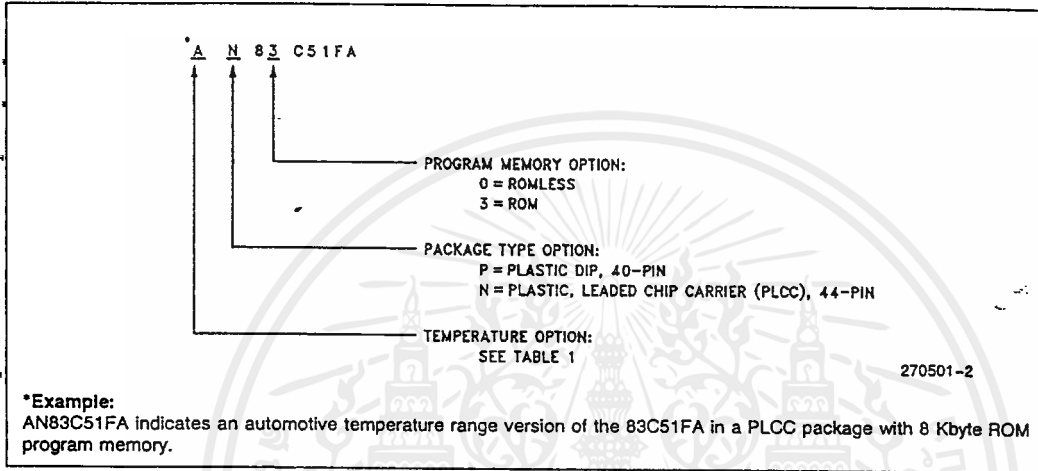


Figure 2. MCS® 51 Microcontroller Product Family Nomenclature

Table 1. Temperature Options

Temperature Classification	Temperature Designation	Operating Temperature °C Ambient	Burn-In Options
Extended	T	-40 to +85	Standard
	L	-40 to +85	Extended
Automotive	A	-40 to +125	Standard
	B	-40 to +125	Extended

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Timer

## NE/SA/SE555/SE555C

### DESCRIPTION

The 555 monolithic timing circuit is a highly stable controller capable of producing accurate time delays, or oscillation. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For a stable operation as an oscillator, the free running frequency and the duty cycle are both accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output structure can source or sink up to 200mA.

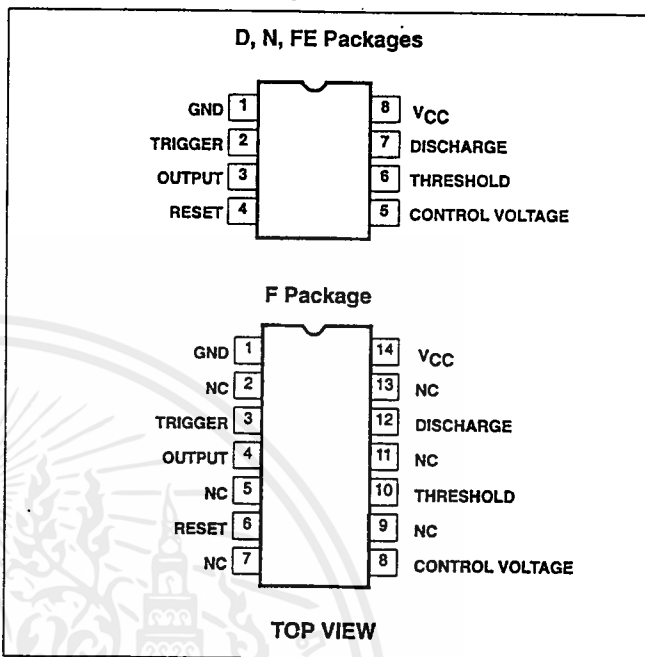
### FEATURES

- Turn-off time less than 2µs
- Max. operating frequency greater than 500kHz
- Timing from microseconds to hours
- Operates in both astable and monostable modes
- High output current
- Adjustable duty cycle
- TTL compatible
- Temperature stability of 0.005% per °C

### APPLICATIONS

- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation

### PIN CONFIGURATIONS



### ORDERING INFORMATION

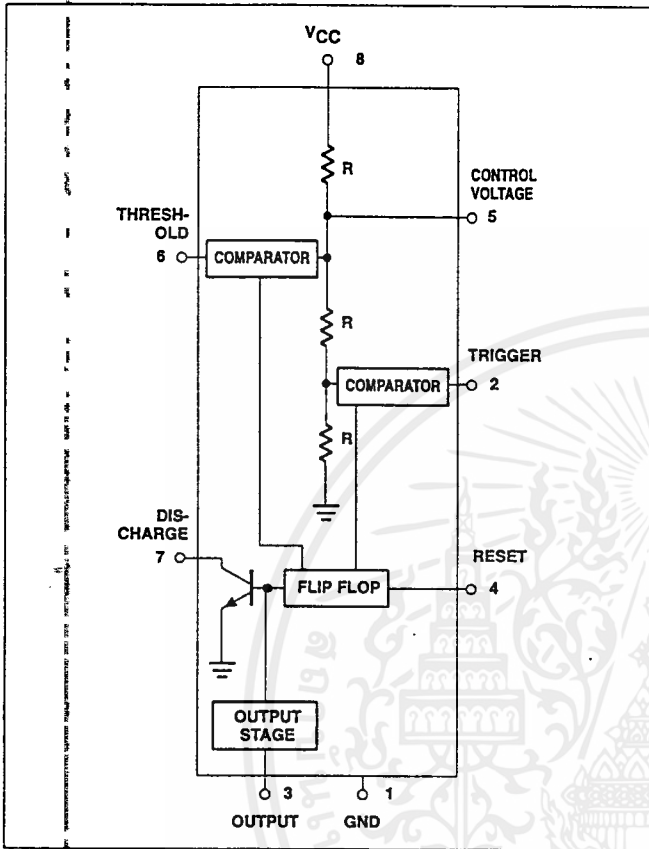
DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE	ORDER CODE	DWG #
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	0 to +70°C	NE555D	0174C
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	0 to +70°C	NE555N	0404B
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-40°C to +85°C	SA555N	0404B
8-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	-40°C to +85°C	SA555D	0174C
8-Pin Hermetic Ceramic Dual In-Line Package (CERDIP)	-55°C to +125°C	SE555CFE	
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-55°C to +125°C	SE555CN	0404B
14-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-55°C to +125°C	SE555N	0405B
8-Pin Hermetic Cerdip	-55°C to +125°C	SE555FE	
14-Pin Ceramic Dual In-Line Package (CERDIP)	0 to +70°C	NE555F	0581B
14-Pin Ceramic Dual In-Line Package (CERDIP)	-55°C to +125°C	SE555F	0581B
14-Pin Ceramic Dual In-Line Package (CERDIP)	-55°C to +125°C	SE555CF	0581B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

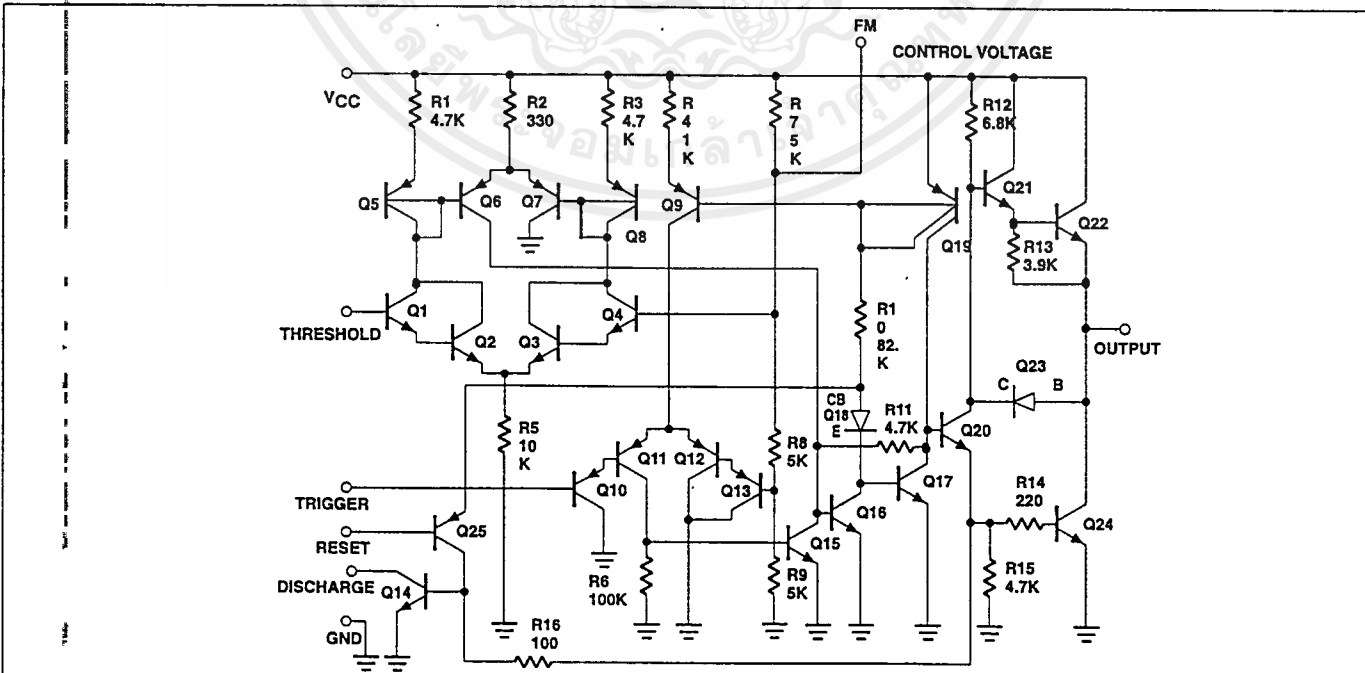
Timer

NE/SA/SE555/SE555C

BLOCK DIAGRAM



EQUIVALENT SCHEMATIC



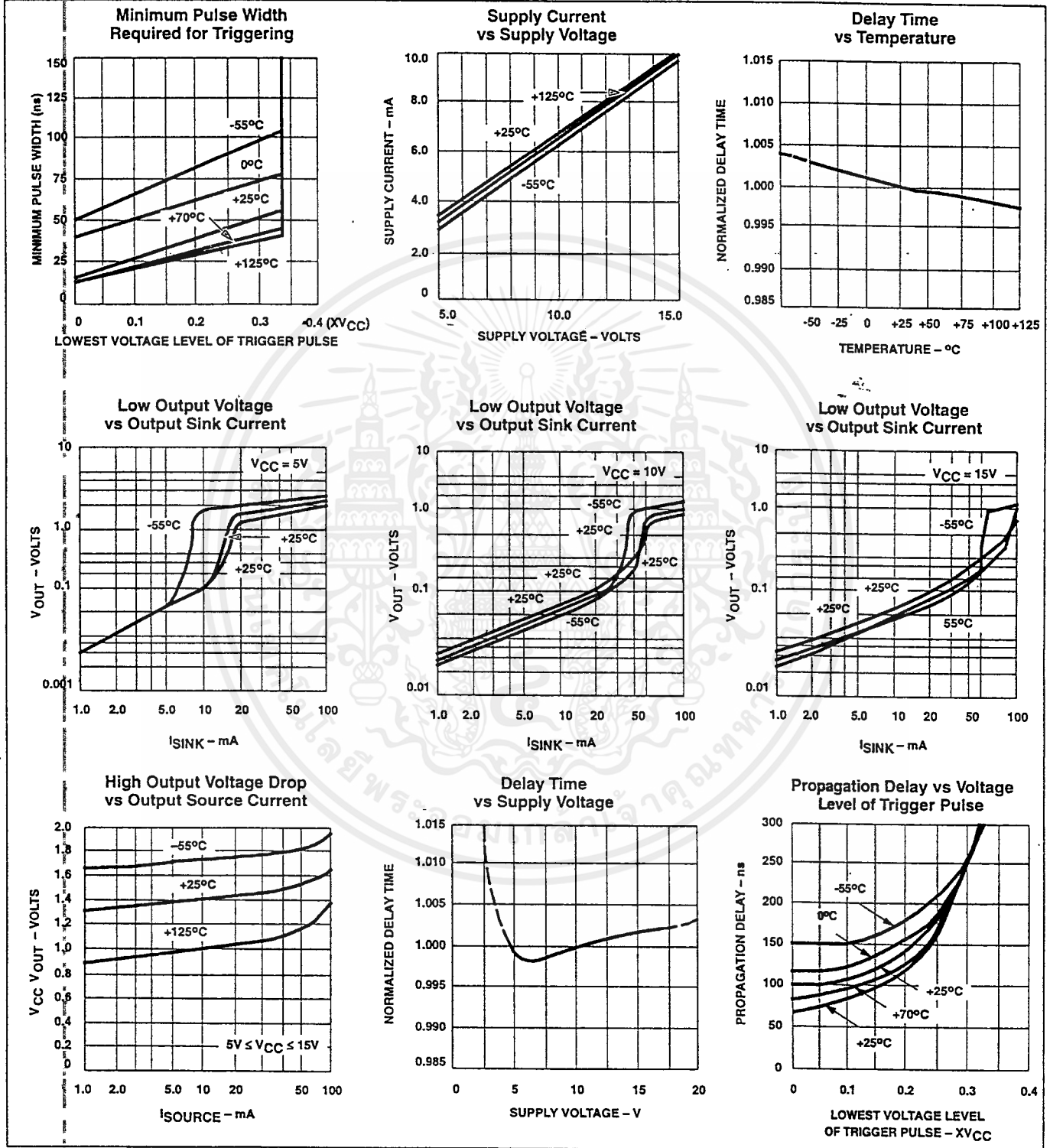
NOTE: Pin numbers are for 8-Pin package

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Timer

NE/SA/SE555/SE555C

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

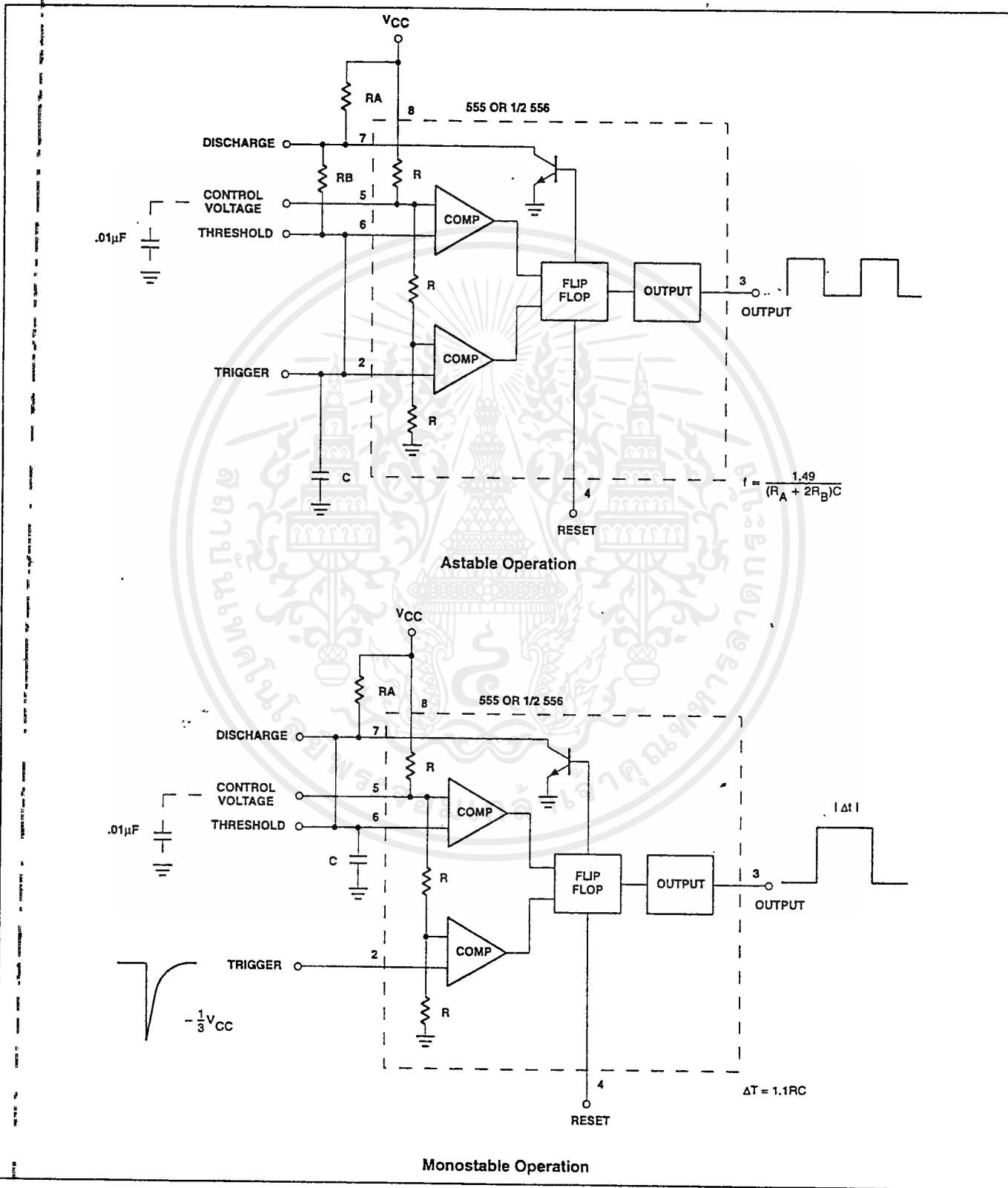


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Timer

NE/SA/SE555/SE555C

TYPICAL APPLICATIONS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Tone decoder/phase-locked loop

## NE/SE567

### DESCRIPTION

The NE/SE567 tone and frequency decoder is a highly stable phase-locked loop with synchronous AM lock detection and power output circuitry. Its primary function is to drive a load whenever a sustained frequency within its detection band is present at the self-biased input. The bandwidth center frequency and output delay are independently determined by means of four external components.

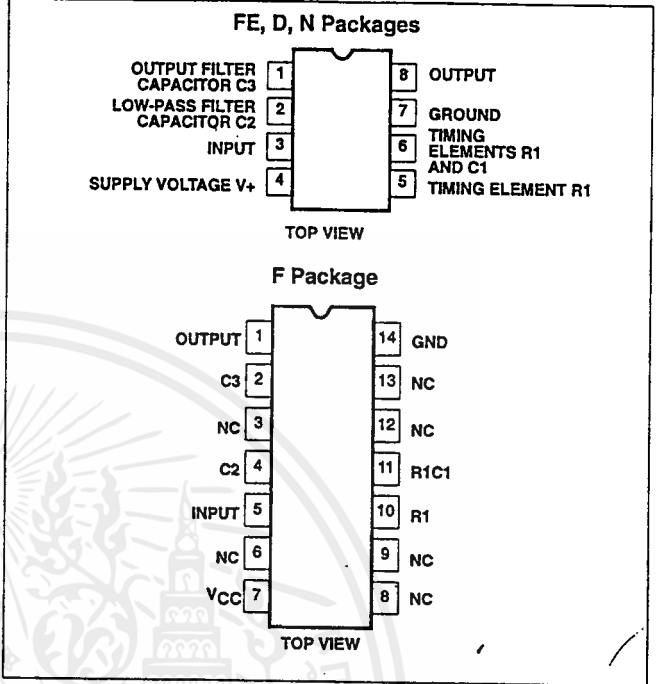
### FEATURES

- Wide frequency range (.01Hz to 500kHz)
- High stability of center frequency
- Independently controllable bandwidth (up to 14%)
- High out-band signal and noise rejection
- Logic-compatible output with 100mA current sinking capability
- Inherent immunity to false signals
- Frequency adjustment over a 20-to-1 range with an external resistor
- Military processing available

### APPLICATIONS

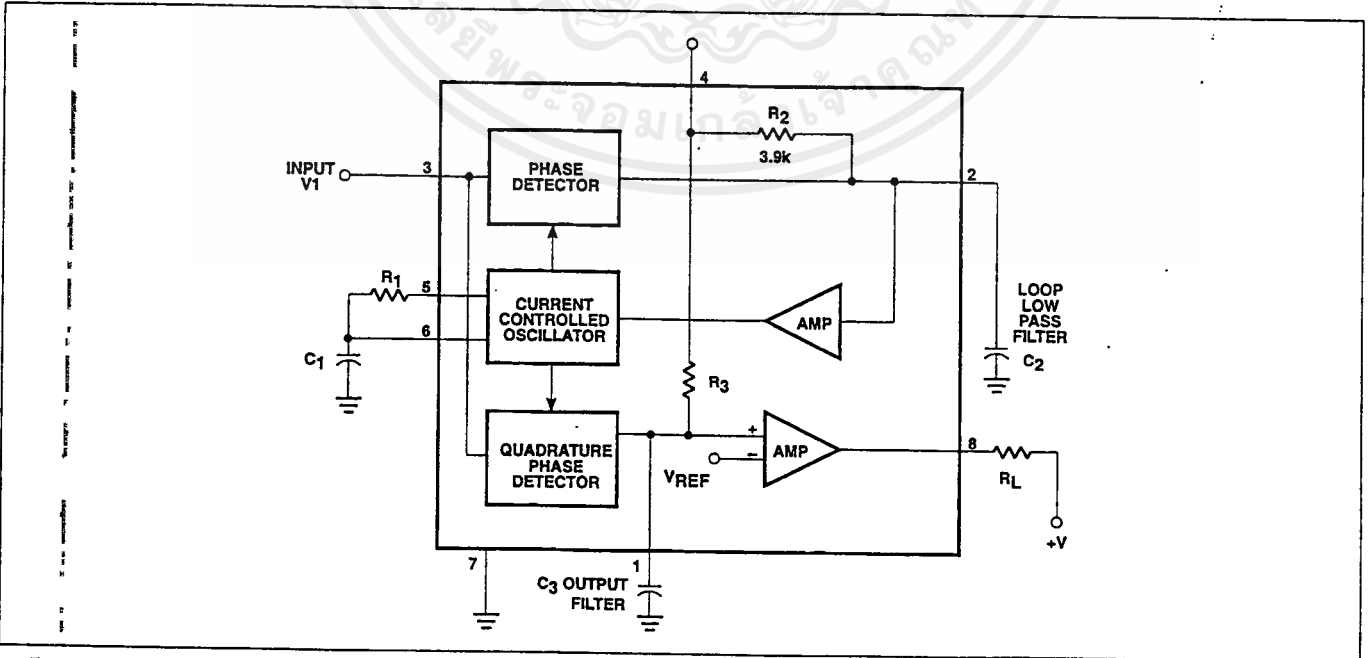
- Touch-Tone® decoding
- Carrier current remote controls
- Ultrasonic controls (remote TV, etc.)
- Communications paging

### PIN CONFIGURATIONS



- Frequency monitoring and control
- Wireless intercom
- Precision oscillator

### BLOCK DIAGRAM



©Touch-Tone is a registered trademark of AT&T.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tone decoder/phase-locked loop

NE/SE567

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

V +=5.0V; T<sub>A</sub>=25°C, unless otherwise specified.

SYM-BOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	SE567			NE567			UNIT
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
<b>Center frequency<sup>1</sup></b>									
f <sub>o</sub>	Highest center frequency			500			500		kHz
f <sub>o</sub>	Center frequency stability <sup>2</sup>	-55 to +125°C 0 to +70°C		35 ±140 35 ±60			35 ±140 35 ±60		ppm/°C
f <sub>o</sub>	Center frequency distribution	f <sub>o</sub> = 100kHz = $\frac{1}{1.1R_1C_1}$	-10	0	+10	-10	0	+10	ppm/°C
f <sub>o</sub>	Center frequency shift with supply voltage	f <sub>o</sub> = 100kHz = $\frac{1}{1.1R_1C_1}$		0.5	1		0.7	2	%/V
<b>Detection bandwidth</b>									
BW	Largest detection bandwidth	f <sub>o</sub> = 100kHz = $\frac{1}{1.1R_1C_1}$	12	14	16	10	14	18	% of f <sub>o</sub>
BW	Largest detection bandwidth skew			2	4		3	6	% of f <sub>o</sub>
BW	Largest detection bandwidth—variation with temperature	V <sub>I</sub> =300mV <sub>RMS</sub>		±0.1			±0.1		%/°C
BW	Largest detection bandwidth—variation with supply voltage	V <sub>I</sub> =300mV <sub>RMS</sub>		±2			±2		%/V
<b>Input</b>									
R <sub>IN</sub>	Input resistance		15	20	25	15	20	25	kΩ
V <sub>I</sub>	Smallest detectable input voltage <sup>4</sup>	I <sub>L</sub> =100mA, f <sub>i</sub> =f <sub>o</sub>		20	25		20	25	mV <sub>RMS</sub>
	Largest no-output input voltage <sup>4</sup>	I <sub>L</sub> =100mA, f <sub>i</sub> =f <sub>o</sub>	10	15		10	15		mV <sub>RMS</sub>
	Greatest simultaneous out-band signal-to-in-band signal ratio			+6			+6		dB
	Minimum input signal to wide-band noise ratio	B <sub>n</sub> =140kHz		-6			-6		dB
<b>Output</b>									
	Fastest on-off cycling rate			f <sub>o</sub> /20			f <sub>o</sub> /20		
	"1" output leakage current	V <sub>B</sub> =15V		0.01	25		0.01	25	μA
	"0" output voltage	I <sub>L</sub> =30mA I <sub>L</sub> =100mA		0.2 0.6	0.4 1.0		0.2 0.6	0.4 1.0	V
t <sub>F</sub>	Output fall time <sup>3</sup>	R <sub>L</sub> =50Ω		30			30		ns
t <sub>R</sub>	Output rise time <sup>3</sup>	R <sub>L</sub> =50Ω		150			150		ns
<b>General</b>									
V <sub>CC</sub>	Operating voltage range		4.75		9.0	4.75		9.0	V
	Supply current quiescent			6	8		7	10	mA
	Supply current—activated	R <sub>L</sub> =20kΩ		11	13		12	15	mA
t <sub>PD</sub>	Quiescent power dissipation			30			35		mW

NOTES:

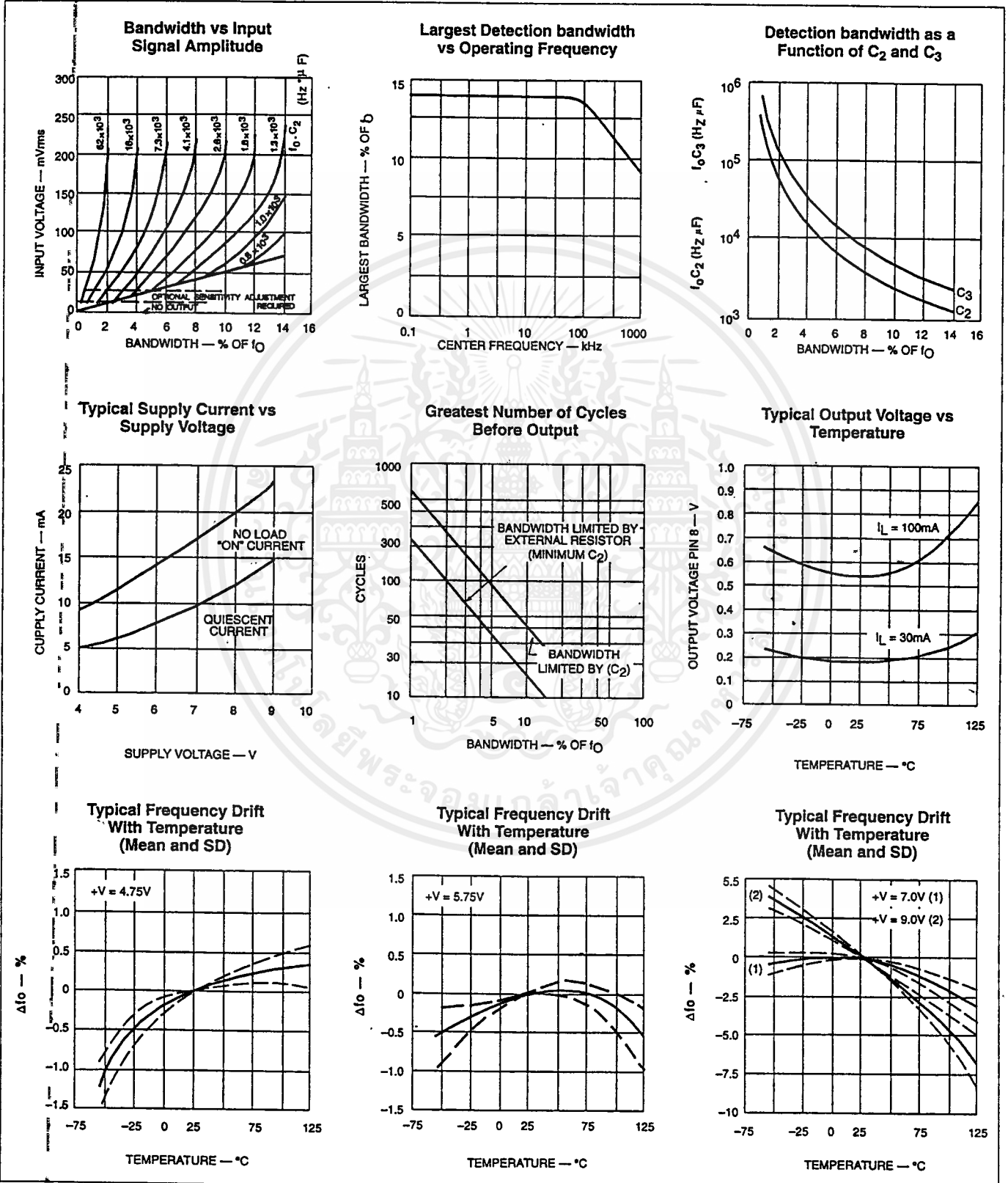
1. Frequency determining resistor R<sub>1</sub> should be between 2 and 20kΩ
2. Applicable over 4.75V to 5.75V. See graphs for more detailed information.
3. Pin 8 to Pin 1 feedback R<sub>L</sub> network selected to eliminate pulsing during turn-on and turn-off.
4. With R<sub>2</sub>=130kΩ from Pin 1 to V+. See Figure 1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Tone decoder/phase-locked loop

NE/SE567

## TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Tone decoder/phase-locked loop

NE/SE567

$$C_2 = \frac{130}{f_0} \text{ F}$$

$$C_3 = \frac{260}{f_0} \text{ F}$$

In cases where turn-off time can be sacrificed to achieve fast turn-on, the optional sensitivity adjustment circuit can be used to move the quiescent  $C_3$  voltage lower (closer to the threshold voltage). However, sensitivity to beat frequencies, noise and extraneous signals will be increased.

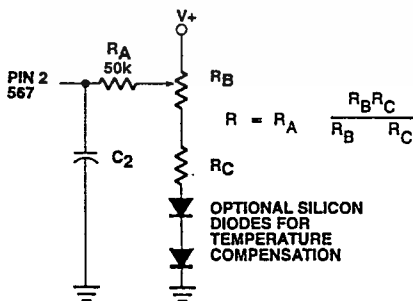
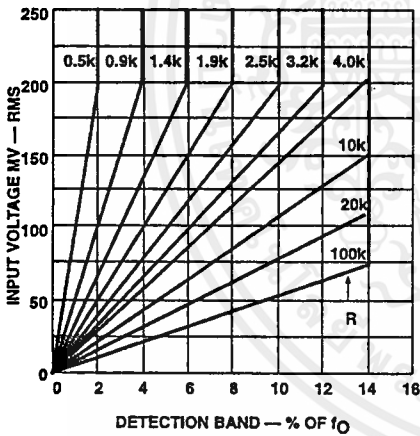
### OPTIONAL CONTROLS (Figure 3)

The 567 has been designed so that, for most applications, no external adjustments are required. Certain applications, however, will be greatly facilitated if full advantage is taken of the added control possibilities available through the use of additional external components. In the diagrams given, typical values are suggested where applicable. For best results the resistors used, except where noted, should have the same temperature coefficient. Ideally, silicon diodes would be low-resistivity types, such as forward-biased transistor base-emitter junctions. However, ordinary low-voltage diodes should be adequate for most applications.

### SENSITIVITY ADJUSTMENT (Figure 3)

When operated as a very narrow-band detector (less than 8 percent), both  $C_2$  and  $C_3$  are made quite large in order to improve noise and out-band signal rejection. This will inevitably slow the response time. If, however, the output stage is biased closer to the threshold level, the turn-on time can be improved. This is accomplished by drawing additional current to terminal 1. Under this condition, the 567 will also give an output for lower-level signals (10mV or lower).

By adding current to terminal 1, the output stage is biased further away from the threshold voltage. This is most useful when, to obtain maximum operating speed,  $C_2$  and  $C_3$  are made very small. Normally, frequencies just outside the detection band could cause false outputs under this condition. By desensitizing the output stage, the out-band beat notes do not feed through to the output stage. Since the input level must

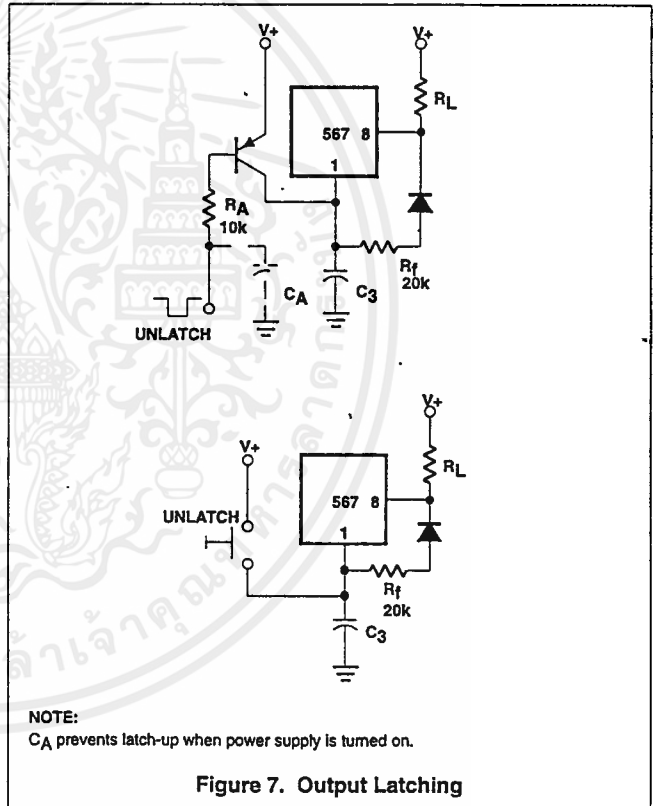


NOTE:

$$\frac{130}{f_0} \frac{10k}{R} \quad C_2 \quad \frac{1300}{f_0} \frac{10k}{R}$$

Adjust control for symmetry of detection band edges about  $f_0$ .

Figure 6. BW Reduction



NOTE:

$C_A$  prevents latch-up when power supply is turned on.

Figure 7. Output Latching

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Tone decoder/phase-locked loop

NE/SE567

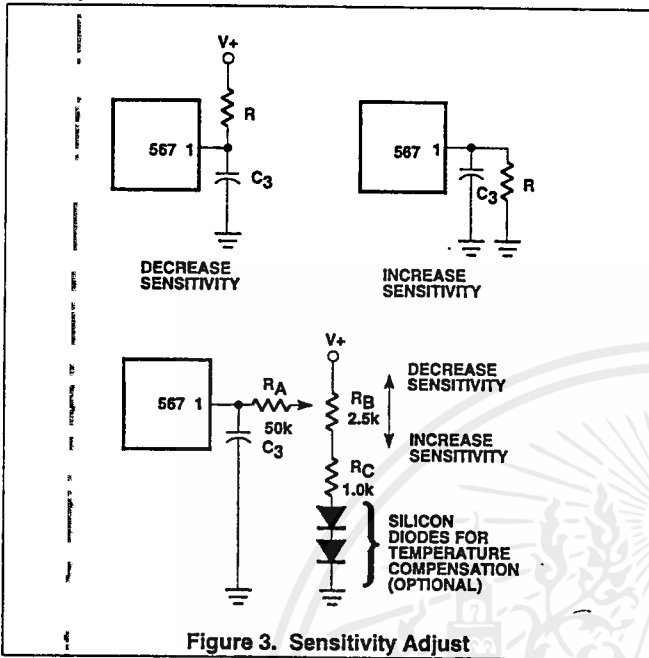


Figure 3. Sensitivity Adjust

connected to pin 6 without affecting the CCO duty cycle or temperature stability.

## OPERATING PRECAUTIONS

A brief review of the following precautions will help the user achieve the high level of performance of which the 567 is capable.

1. Operation in the high input level mode (above 200mV) will free the user from bandwidth variations due to changes in the in-band signal amplitude. The input stage is now limiting, however, so that out-band signals or high noise levels can cause an apparent bandwidth reduction as the in-band signal is suppressed. Also, the limiting action will create in-band components from sub-harmonic signals, so the 567 becomes sensitive to signals at  $f_0/3$ ,  $f_0/5$ , etc.
2. The 567 will lock onto signals near  $(2n+1)f_0$ , and will give an output for signals near  $(4n+1)f_0$  where  $n=0, 1, 2$ , etc. Thus, signals at  $5f_0$  and  $9f_0$  can cause an unwanted output. If such signals are anticipated, they should be attenuated before reaching the 567 input.
3. Maximum immunity from noise and out-band signals is afforded in the low input level (below 200mV<sub>RMS</sub>) and reduced bandwidth operating mode. However, decreased loop damping causes the worst-case lock-up time to increase, as shown by the Greatest Number of Cycles Before Output vs Bandwidth graph.
4. Due to the high switching speeds (20ns) associated with 567 operation, care should be taken in lead routing. Lead lengths should be kept to a minimum. The power supply should be adequately bypassed close to the 567 with a 0.01μF or greater capacitor; grounding paths should be carefully chosen to avoid ground loops and unwanted voltage variations. Another factor which must be considered is the effect of load energization on the power supply. For example, an incandescent lamp typically draws 10 times rated current at turn-on. This can be somewhat greater when the output stage is made less sensitive, rejection of third harmonics or in-band harmonics (of lower frequency signals) is also improved.

cause supply voltage fluctuations which could, for example, shift the detection band of narrow-band systems sufficiently to cause momentary loss of lock. The result is a low-frequency oscillation into and out of lock. Such effects can be prevented by supplying heavy load currents from a separate supply or increasing the supply filter capacitor.

## SPEED OF OPERATION

Minimum lock-up time is related to the natural frequency of the loop. The lower it is, the longer becomes the turn-on transient. Thus, maximum operating speed is obtained when  $C_2$  is at a minimum. When the signal is first applied, the phase may be such as to initially drive the controlled oscillator away from the incoming frequency rather than toward it. Under this condition, which is of course unpredictable, the lock-up transient is at its worst and the theoretical minimum lock-up time is not achievable. We must simply wait for the transient to die out.

The following expressions give the values of  $C_2$  and  $C_3$  which allow highest operating speeds for various band center frequencies. The minimum rate at which digital information may be detected without information loss due to the turn-on transient or output chatter is about 10 cycles per bit, corresponding to an information transfer rate of  $f_0/10$  baud.

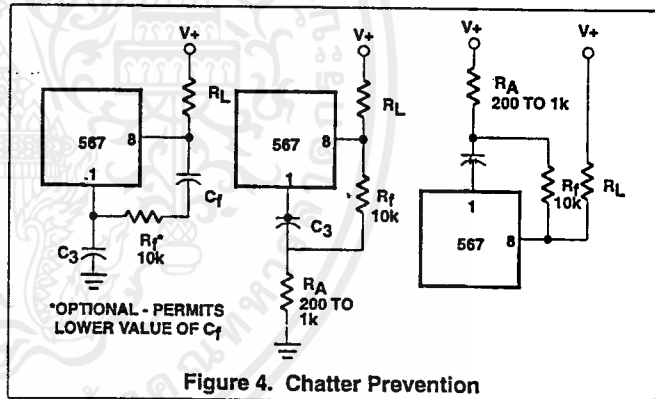


Figure 4. Chatter Prevention

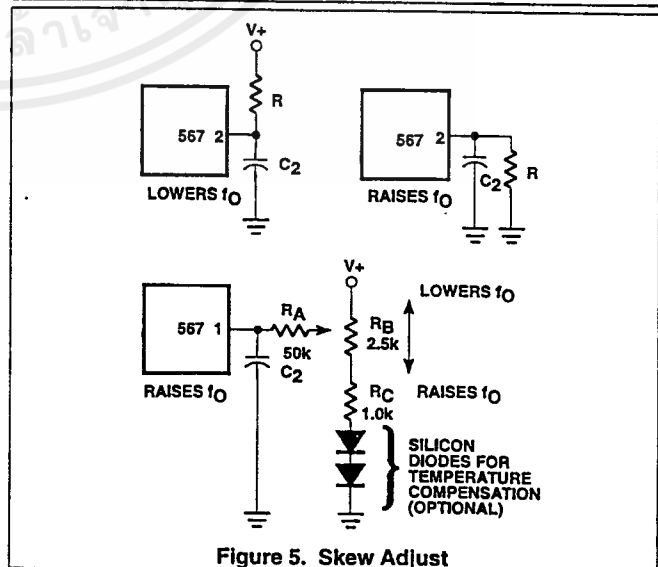
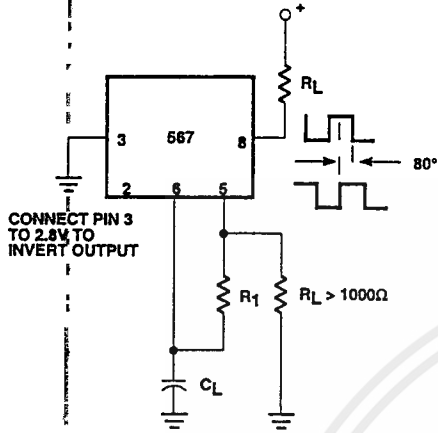


Figure 5. Skew Adjust

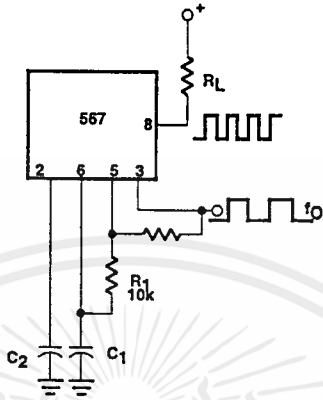
Tone decoder/phase-locked loop

NE/SE567

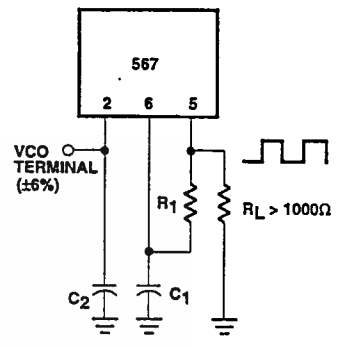
TYPICAL APPLICATIONS (Continued)



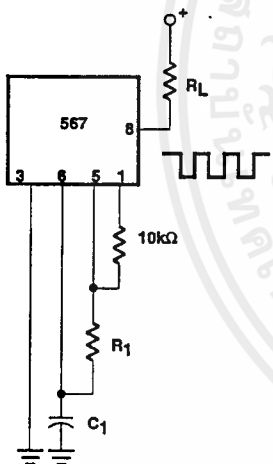
Oscillator With Quadrature Output



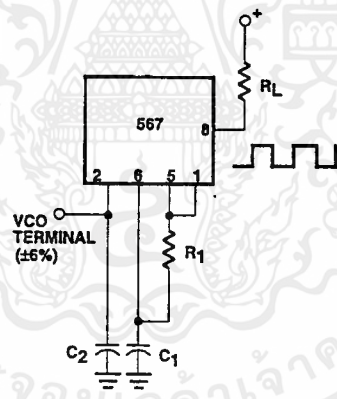
Oscillator With Double Frequency Output



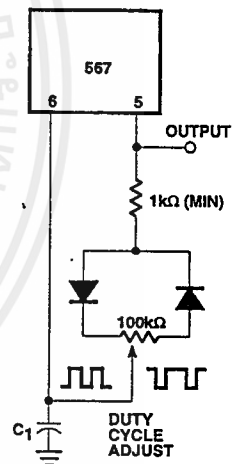
Precision Oscillator With 20ns Switching



Pulse Generator With 25% Duty Cycle



Precision Oscillator to Switch 100mA Loads



Pulse Generator

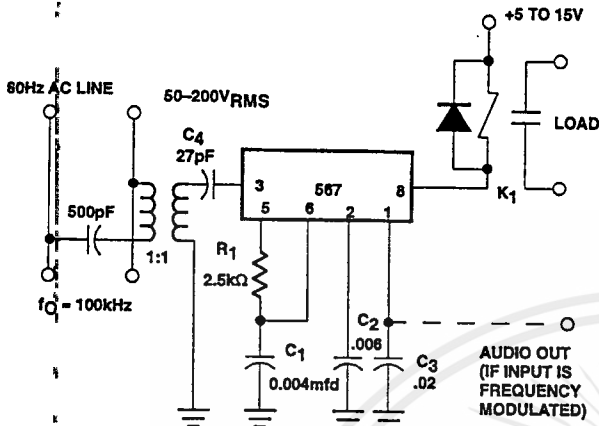
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



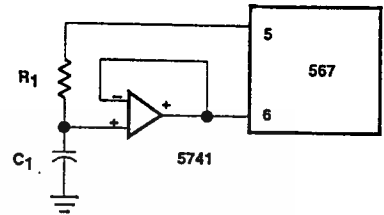
# Tone decoder/phase-locked loop

NE/SE567

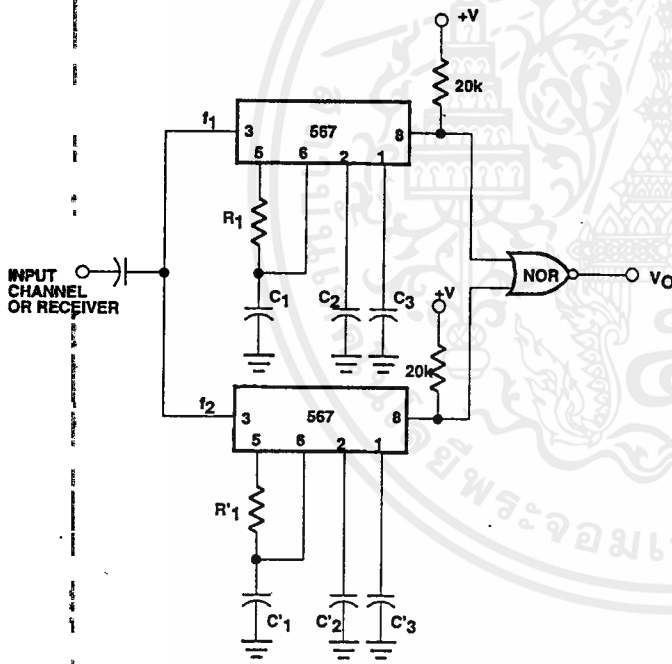
## TYPICAL APPLICATIONS (Continued)



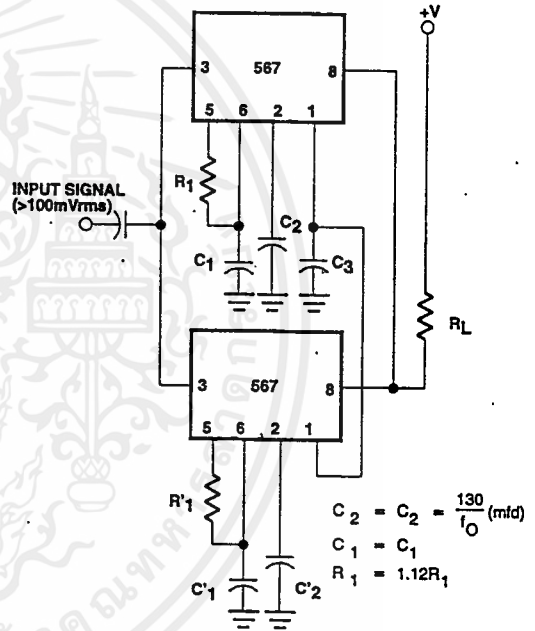
Carrier-Current Remote Control or Intercom



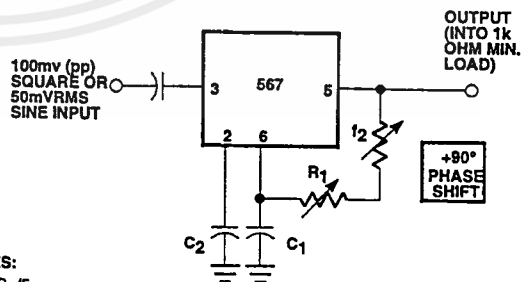
Precision VLF



Dual-Tone Decoder



24% Bandwidth Tone Decoder



0° to 180° Phase Shifter

NOTES:

R<sub>2</sub> = R<sub>1</sub>/5

Adjust R<sub>1</sub> so that φ = 90° with control midway.

NOTES:

1. Resistor and capacitor values chosen for desired frequencies and bandwidth.

2. If C<sub>3</sub> is made large so as to delay turn-on of the top 567, decoding of sequential (f<sub>1</sub> f<sub>2</sub>) tones is possible.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้